MI
ENCICLOPEDIA
INVENCIONES Y DESCUBRIMIENTOS Vol. II
EDICIONES GAISA, S.
biasi





MI ENCICLOPEDIA

INVENCIONES Y DESCUBRIMIENTOS

VOLUMEN SEGUNDO

SUMARIO

EDICIONES GAISA, S. L.
JORGE JUAN, 28 - VALENCIA
ESPAÑA

MI ENCICLOPEDIA

PLAN DE LA OBRA

LOS ANIMALES

INVENCIONES Y DESCUBRIMIENTOS (I vol.)

INVENCIONES Y DESCUBRIMIENTOS (II vol.)

LAS PLANTAS

EL CIELO Y LA TIERRA

CONTINENTES Y PAISES (I vol.)

CONTINENTES Y PAISES (II vol.)

FISICA Y QUIMICA

HISTORIA (I vol.)

HISTORIA (II vol.)

ARTE, MUSICA Y LITERATURA

LOS GRANDES AVANZADOS DE LA HUMANIDAD
(Navegantes, exploradores y descubridores)

Dirección y compaginación: Annita Biasi Conte y Livio Biasi
Texto: Kierek Giovanni y Duranti Dea
Adaptación y traducción: Juan-Miguel Romá
Ilustraciones: Russo Mario y Giglioli Ezio

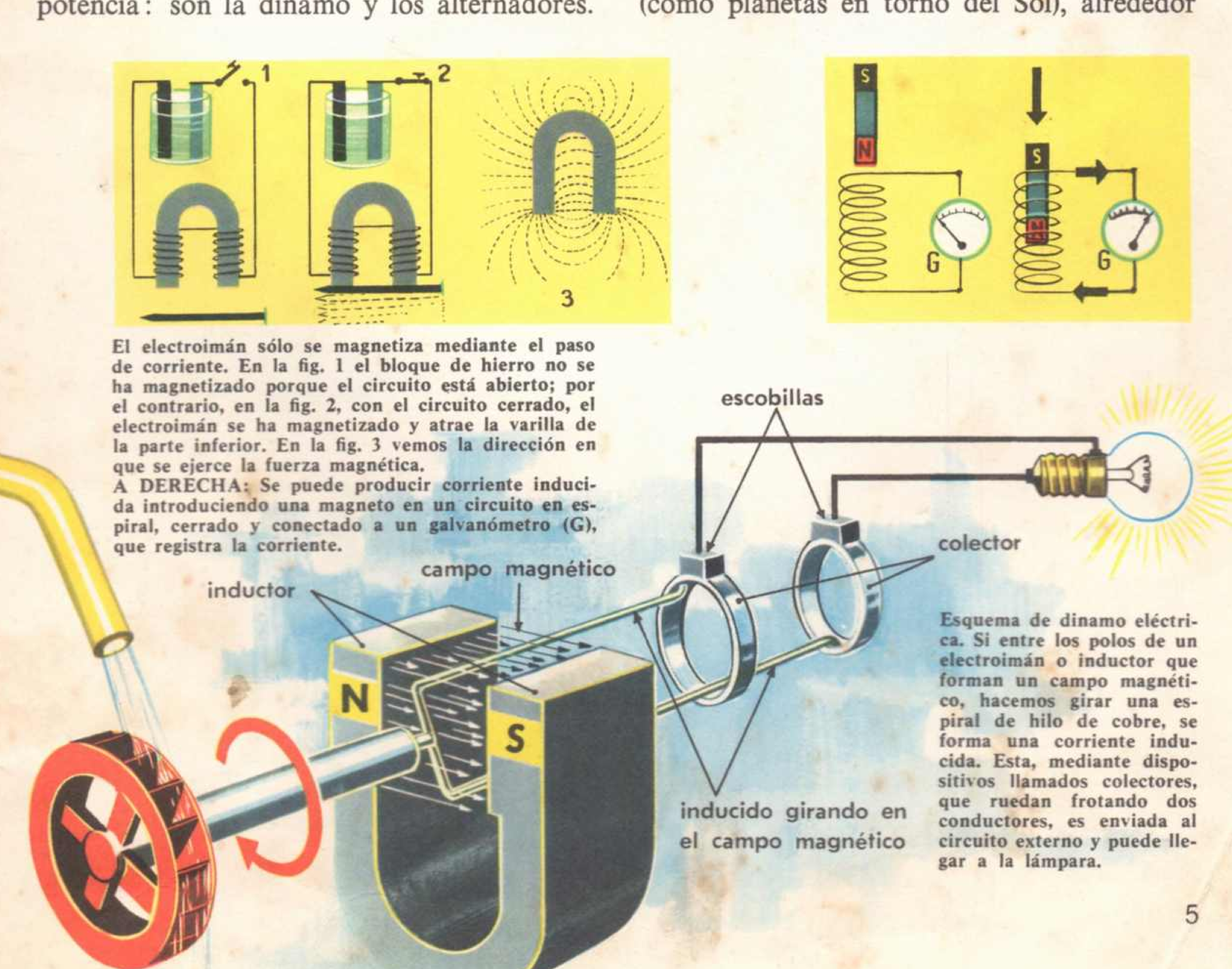
Impreso en Italia

LA PRODUCCION Y EL EMPLEO DE LA ELECTRICIDAD

El comienzo de la era de la potencia

Hacia la mitad del siglo XIX el hombre sabía ya utilizar la fuerza del viento, de los ríos, de las cascadas, del fuego y del vapor. Ya había comenzado a utilizar la electricidad producida por máquinas a frotamiento y por pilas. Sin embargo, y a pesar de ello, todavía no poseía los medios necesarios para dar solución a sus necesidades. Una nueva era comenzó cuando, como resultado de los estudios sobre el electromagnetismo, consiguió construir generadores de energía eléctrica de gran potencia: son la dinamo y los alternadores.

Pero antes de explicar qué son las dinamos y cómo funcionan, volvamos la mirada hacia atrás y preguntémonos: ¿Qué es la electricidad de la que tanto se habla? La electricidad es un fluido indestructible, formado de numerosos corpúsculos llamados electrones. Para tener una idea más clara debemos pensar que todo lo que existe en el mundo, es decir, todo cuerpo, toda substancia, están formados de numerosas moléculas, y que toda molécula está formada de átomos, que, a su vez, están formados de electrones. Estos, los electrones, poseen una carga eléctrica negativa y giran (como planetas en torno del Sol), alrededor



El electroimán sólo se magnetiza mediante el paso de corriente. En la fig. 1 el bloque de hierro no se ha magnetizado porque el circuito está abierto; por el contrario, en la fig. 2, con el circuito cerrado, el electroimán se ha magnetizado y atrae la varilla de la parte inferior. En la fig. 3 vemos la dirección en que se ejerce la fuerza magnética.
A DERECHA: Se puede producir corriente inducida introduciendo una magneto en un circuito en espiral, cerrado y conectado a un galvanómetro (G), que registra la corriente.

Esquema de dinamo eléctrica. Si entre los polos de un electroimán o inductor que forman un campo magnético, hacemos girar una espiral de hilo de cobre, se forma una corriente inducida. Esta, mediante dispositivos llamados colectores, que ruedan frotando dos conductores, es enviada al circuito externo y puede llegar a la lámpara.

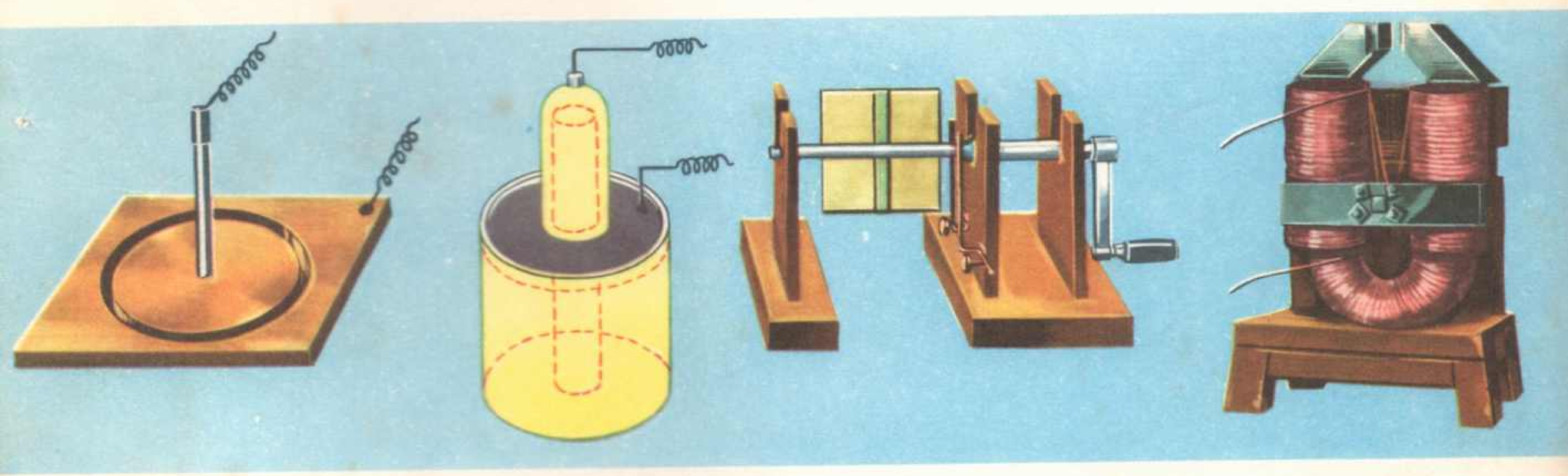
de una masa, el núcleo, que tiene una carga eléctrica positiva. Los electrones son la última partícula de la materia.

Se obtiene la corriente eléctrica cuando estos electrones, por una causa u otra, se liberan y ponen en movimiento, es decir, cuando pasan de un objeto a otro acumulándose en éste. Pongamos un ejemplo: en el primer volumen hemos visto que la máquina a frotamiento producía chispas; estas chispas no eran otra cosa que electrones que se hacían salir de un cuerpo y pasar a otro. ¿Recordais la experiencia de Otto von Guericke? Teniendo una mano sobre una bola de azufre, el sabio alemán produjo una chispa. Los electrones del azufre que rodaba pasaban a su mano. En la pila de Volta, recordemos la pila con el cobre y el cinc sumergidos en una solución ácida, los electrones del metal se liberaban por la acción química del ácido.

Los electrones pueden liberarse no sólo por el frotamiento o la acción química de un

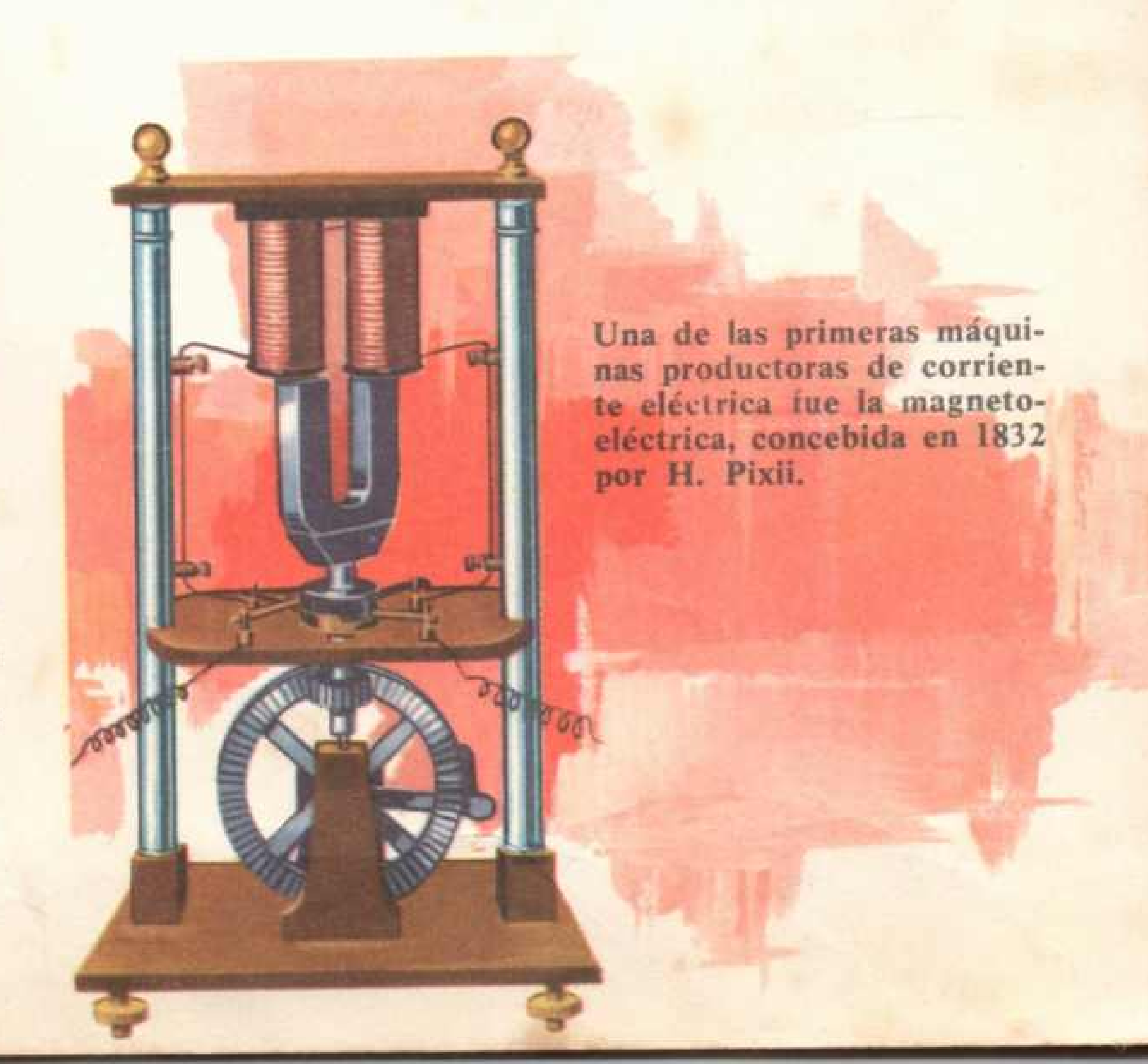


El físico inglés Miguel Faraday sintió una gran atracción por los problemas científicos tras leer un libro de química. Abandonó su profesión de encuadernador para dedicarse al estudio. ABAJO: Algunos instrumentos empleados por Faraday para sus experimentos (de izquierda a derecha): el disco, el cilindro giratorio, el rectángulo giratorio y el electroimán.



disolvente, sino también por el movimiento mecánico de un imán. Este descubrimiento condujo a la invención y construcción de la dinamo. Hay que advertir que para llegar a este descubrimiento fue necesario el estudio y la experiencia de hombres de genio, entre los cuales cuatro científicos tienen un mérito especial: el danés Oersted, el francés Ampère, el inglés Faraday y el italiano Pacinotti.

Comencemos por el primero. Se hallaba estudiando el físico danés los imanes, cuando advirtió un hecho extraño. (Recordemos que



Una de las primeras máquinas productoras de corriente eléctrica fue la magnetoeléctrica, concebida en 1832 por H. Pixii.

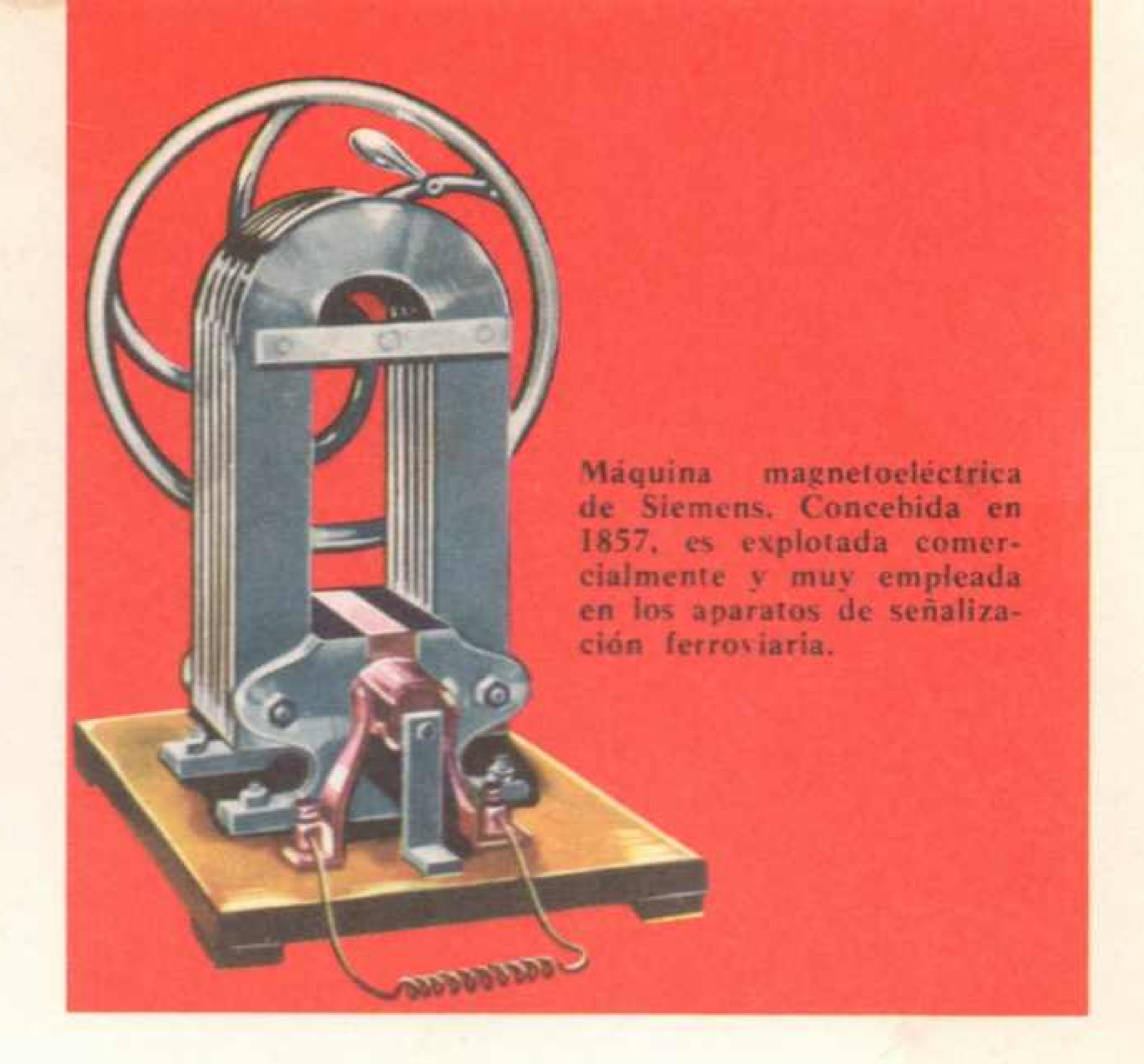
el imán es un mineral —óxido de hierro— que tiene la propiedad de atraer el hierro y otros minerales. Lleva este nombre, porque según parece se lo dio Aristóteles, debido a que dicho mineral era muy abundante cerca de la ciudad de Magnesia, en Asia Menor.) Así, pues, Oersted descubrió en su observación que si ponía un hilo, a través del cual corría la corriente eléctrica, cerca de una aguja imantada, se desviaba ésta.

Tras siete días de estudios y experiencias, después de tener conocimiento de este hecho, Ampère demostró que la corriente eléctrica había liberado una fuerza magnética que hizo desviar la aguja, es decir, que había generado un campo magnético. Por lo tanto, que la electricidad generaba el magnetismo. Este fue un descubrimiento importantísimo. A continuación se hicieron otros experimentos, descubriéndose que si se arrollaba en torno de un trozo de hierro dulce un hilo de cobre, atravesado por una corriente eléctrica, el hierro se transformaba en un imán; pero que se desmagnetizaba, es decir, que volvía a su estado natural, en cuanto la corriente cesaba. Se construyó el electroimán. En el electroimán se basan numerosas aplicaciones de la energía eléctrica, que van desde el timbre hasta el teléfono y el telégrafo.

El descubrimiento más sensacional basado en el electroimán, fue el que realizó el gran físico inglés Faraday, en 1831, diez años después de los experimentos de Oersted y de Ampère. Consistía en una barra imantada metida dentro de un carrete de hilo de cobre, unido a un aparato que medía la corriente y cuya aguja se hallaba dispuesta a entrar en movimiento.

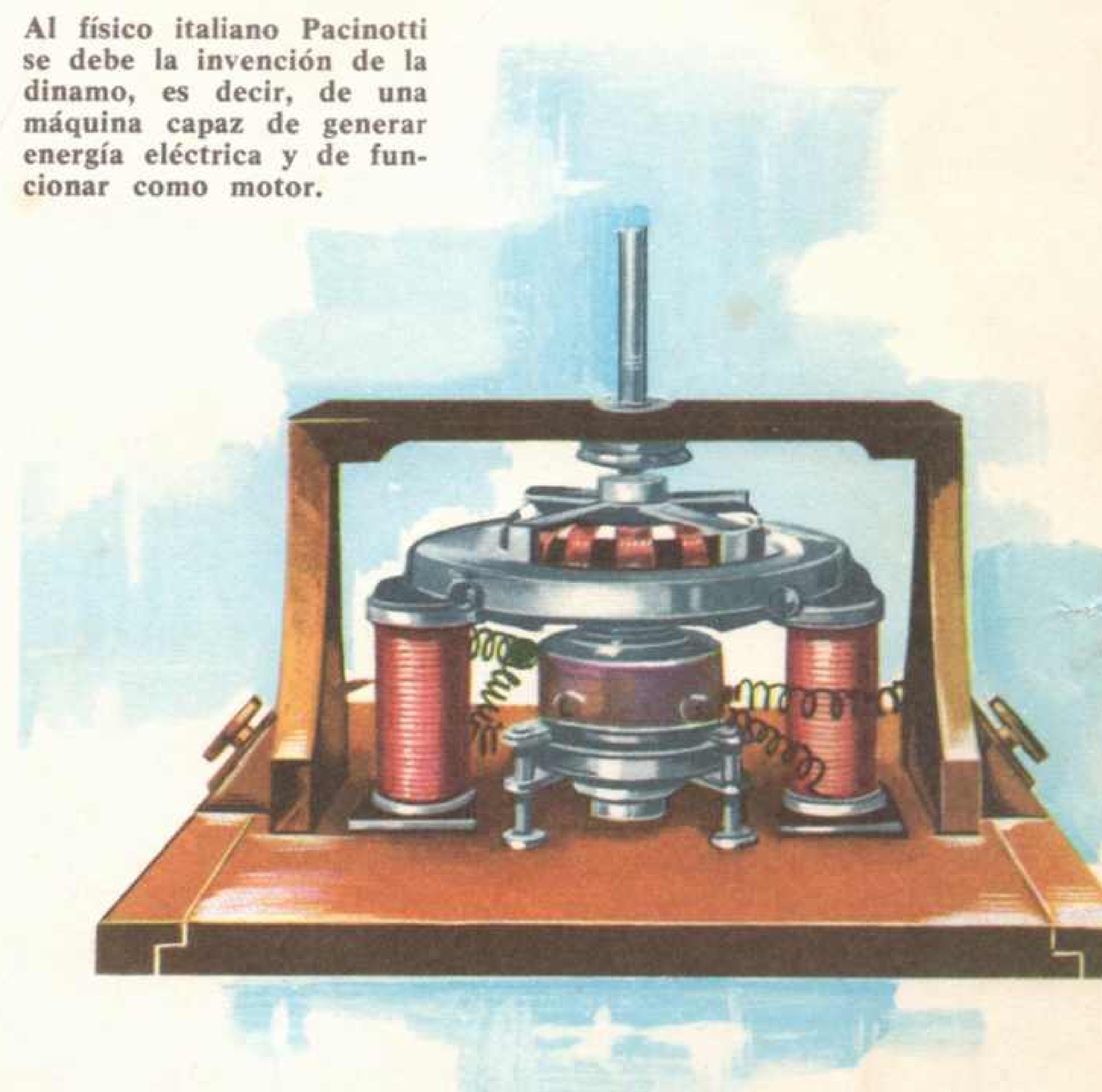
Y se movió, incluso cuando se realizó el movimiento opuesto, es decir, cuando lo que se movió fue el carrete y se mantuvo inmóvil el imán. Esto significaba que durante aquel movimiento se formaba una corriente eléctrica; en una palabra, que el movimiento del imán o del carrete liberaba los electrones y los hacía moverse sobre el hilo.

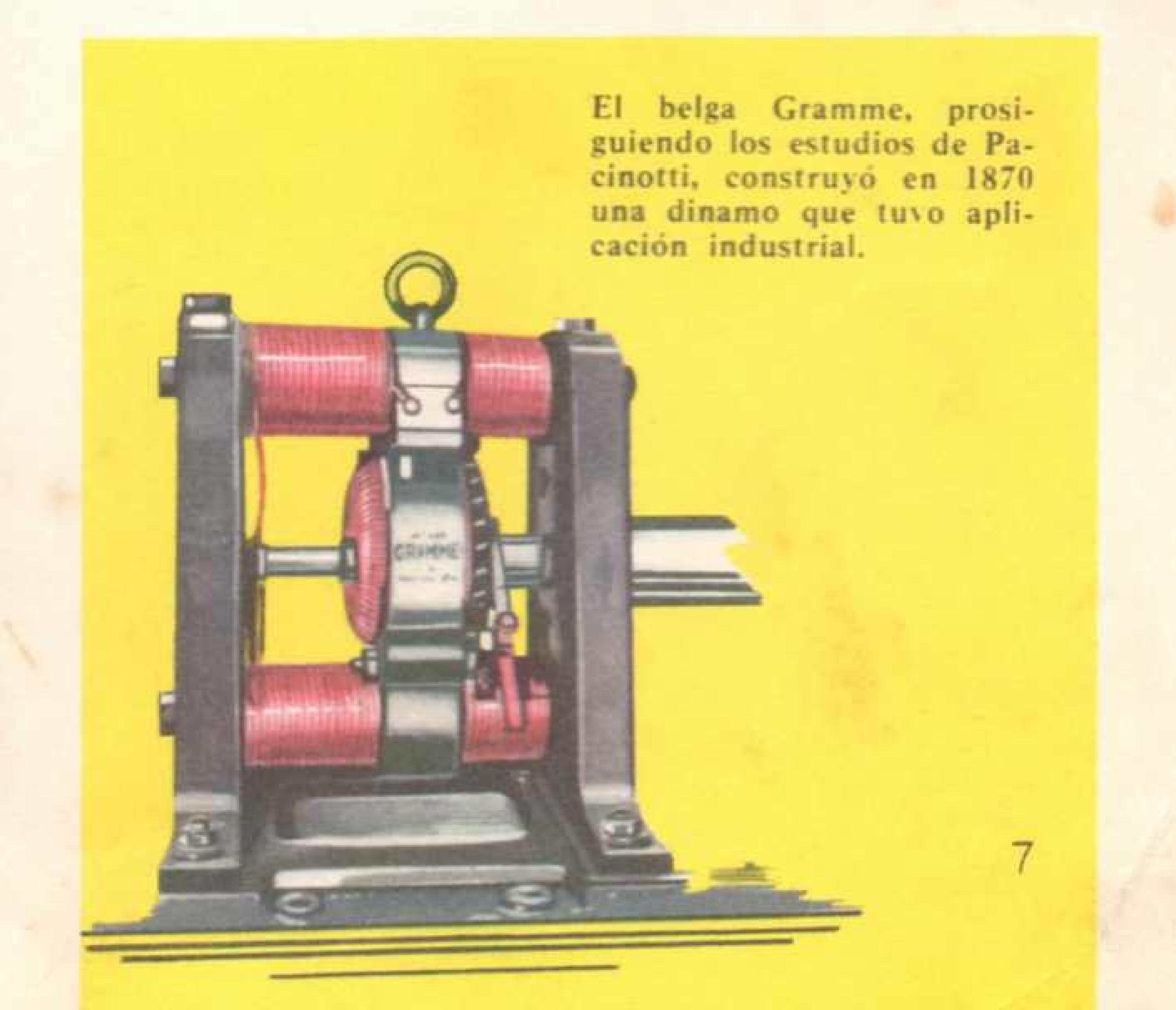
Si Oersted y Ampère habían demostrado que la electricidad genera el magnetismo, Faraday había demostrado lo contrario: que



Máquina magnetoeléctrica de Siemens. Concebida en 1857, es explotada comercialmente y muy empleada en los aparatos de señalización ferroviaria.

Al físico italiano Pacinotti se debe la invención de la dinamo, es decir, de una máquina capaz de generar energía eléctrica y de funcionar como motor.

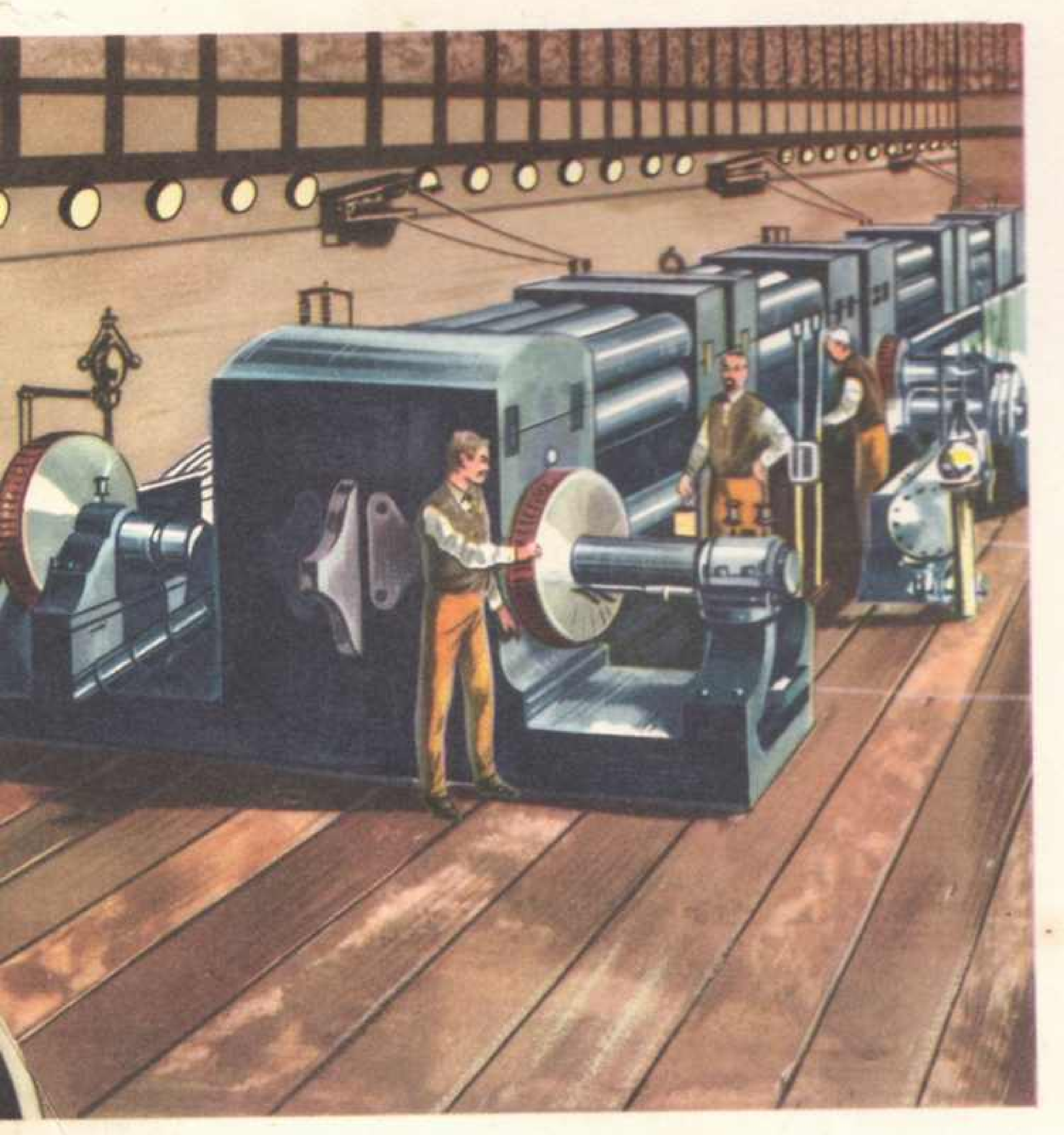




El belga Gramme, prosiguiendo los estudios de Pacinotti, construyó en 1870 una dinamo que tuvo aplicación industrial.

CALDERA
TURBINA
ESTACION DE TRANSFORMACION

Plano de una antigua central termoeléctrica: las turbinas son movidas por el vapor producido por enormes calderas calentadas con carbón. Las calderas ponen en movimiento a las dinamos, máquinas que transforman la energía mecánica en energía eléctrica, que, por medio de estaciones de transformación, alcanza la intensidad y la tensión necesarias para ser transmitida por hilos conductores a las ciudades.
ABAJO: Sala dinamo de una antigua central eléctrica.



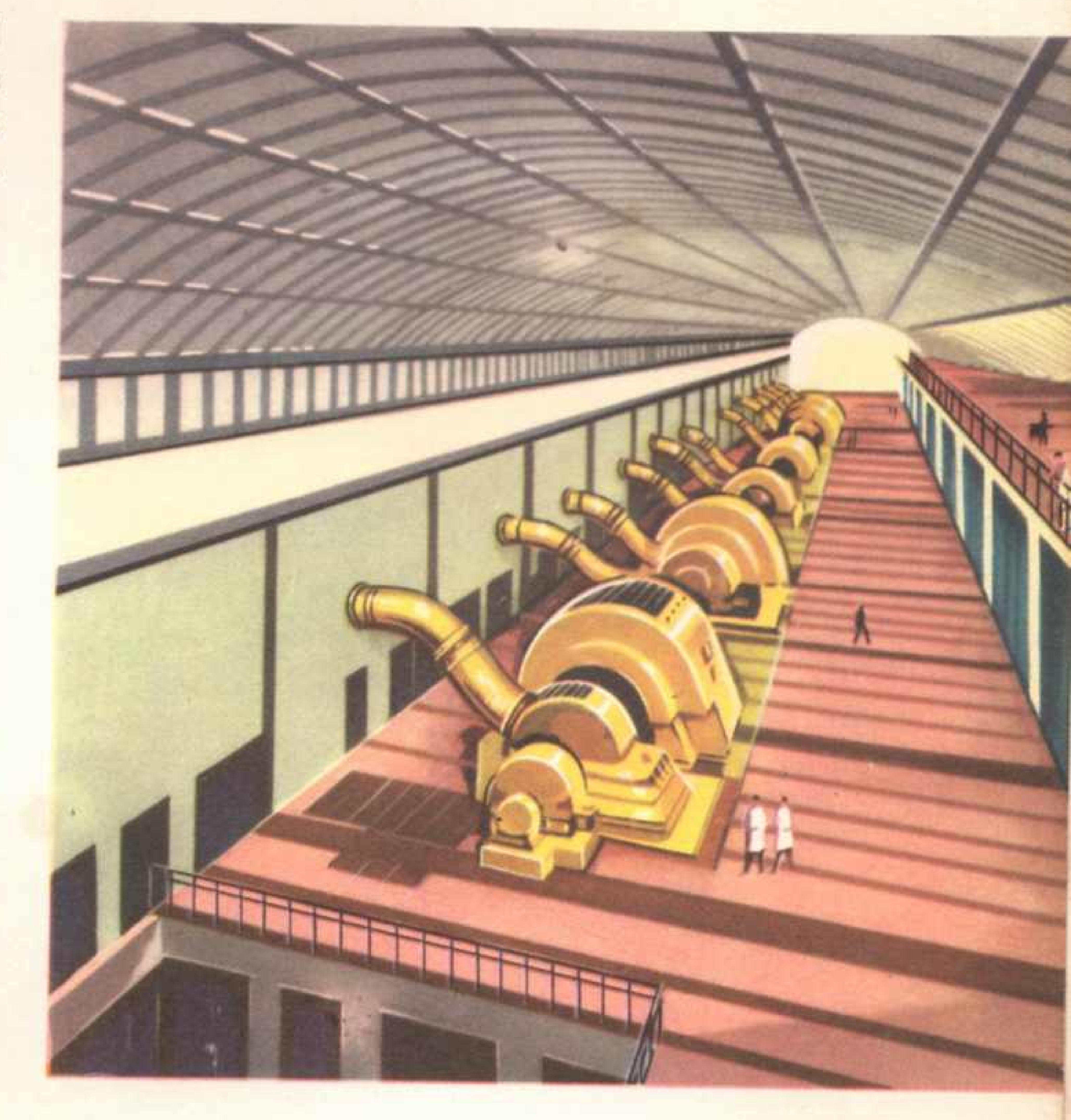
con el magnetismo se puede producir electricidad. Y llegó incluso a descubrir que la corriente aumentaba si aumentaba la velocidad del movimiento del imán o del carrete. La energía mecánica se transformaba en energía eléctrica. Sobre este fenómeno se basa el funcionamiento de las principales máquinas eléctricas, dinamos, alternadores y transformadores.

Hoy, la electricidad, que se emplea para tantos usos, es producida muy a menudo, casi toda ella, por energía mecánica. La conclusión a que podemos llegar es que Faraday encontró el modo de producir electricidad sin pilas.

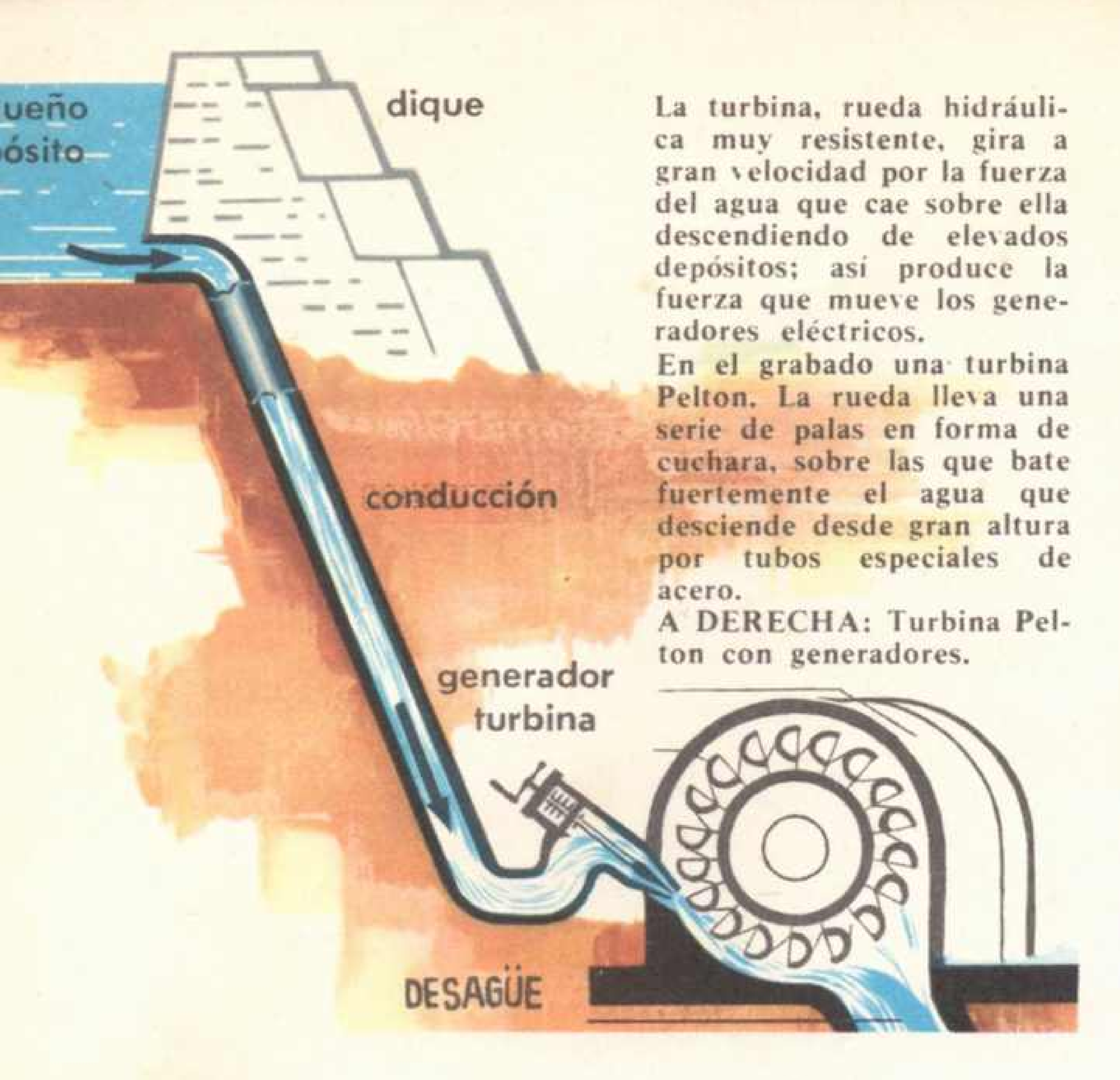
Muchos hombres de ciencia, y entre ellos el propio Faraday, intentaron crear máquinas sobre la base de estos principios y construyeron generadores de corriente magnetoeléctrica. Pero estas máquinas producían una corriente poco intensa y no continua. Se necesitaron cuarenta años de estudios y de perfeccionamientos para llegar a obtener resultados verdaderamente prácticos. Y llegados

a este punto debemos citar el nombre del físico italiano Antonio Pacinotti, inventor de la dinamo. Dinamo es palabra griega que quiere decir fuerza, y, como veremos, la dinamo puede producir fuerza eléctrica y fuerza mecánica, es decir, puede funcionar como generador de corriente o como motor.

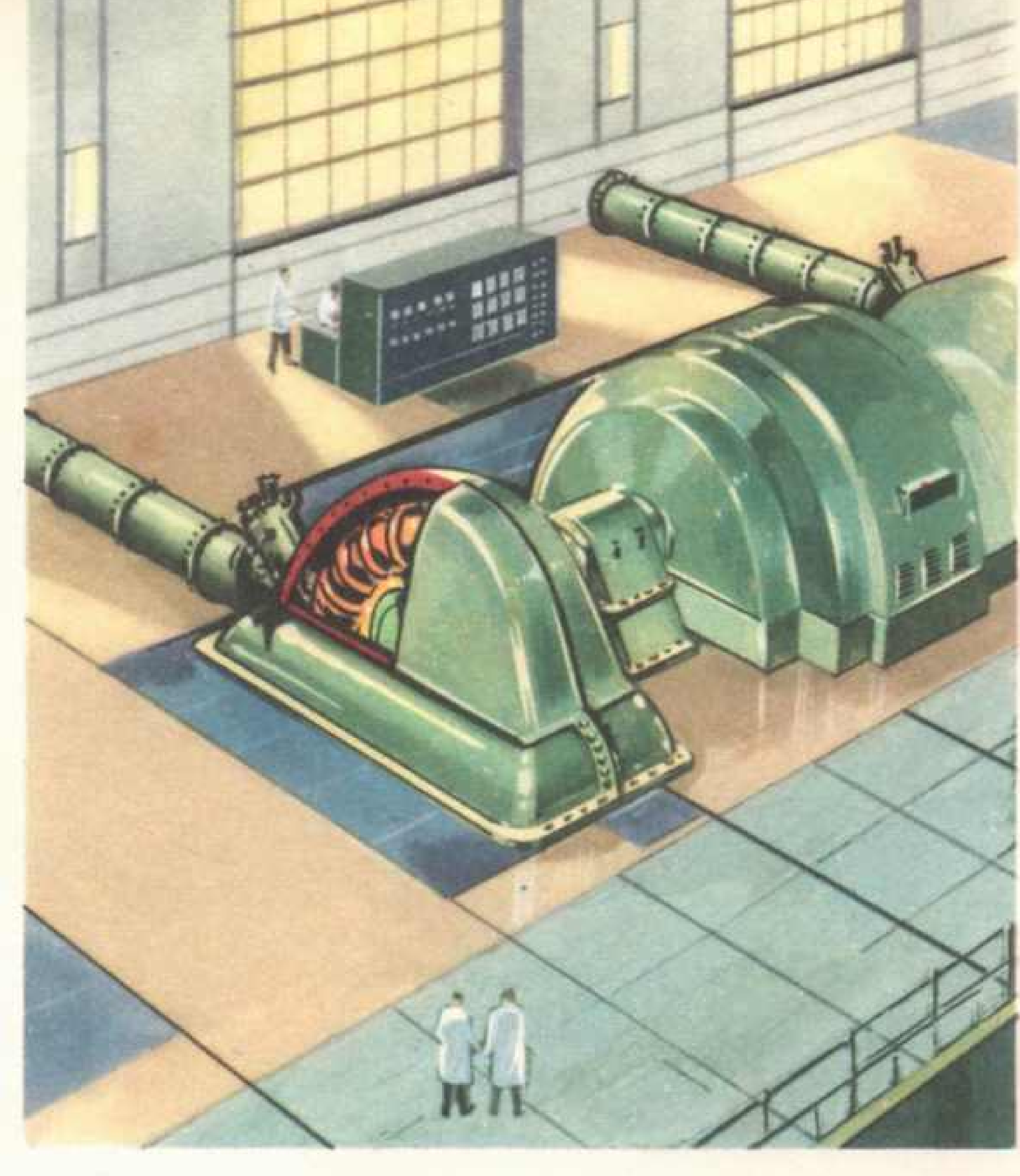
Cuando Pacinotti inventó la dinamo, en 1859, tenía dieciocho años y era estudiante en la universidad de Pisa. La dinamo de Pacinotti estaba constituida por un anillo giratorio de hierro (el famoso anillo de Pacinotti), en el que se había envuelto una buena cantidad de hilo de cobre (bobina), y colocado entre los dos polos de un electroimán. Cuando la corriente entraba en el hilo, las bobinas se transformaban en electroimanes cuyos polos norte y sur eran atraídos por los polos del electroimán, haciendo girar de este modo velozmente al anillo y produciendo energía mecánica. Pero si se hacía girar al anillo por una fuerza mecánica exterior, se producía



ARRIBA: Sala turbina y alternadores en una central moderna.
Actualmente la mayoría de las centrales son hidroeléctricas. En ellas las turbinas son movidas por el agua que llega por conducciones especiales, desde los altos depósitos de las montañas, que pueden ser naturales o artificiales.



La turbina, rueda hidráulica muy resistente, gira a gran velocidad por la fuerza del agua que cae sobre ella descendiendo de elevados depósitos; así produce la fuerza que mueve los generadores eléctricos.
En el grabado una turbina Pelton. La rueda lleva una serie de palas en forma de cuchara, sobre las que bate fuertemente el agua que desciende desde gran altura por tubos especiales de acero.
A DERECHA: Turbina Pelton con generadores.

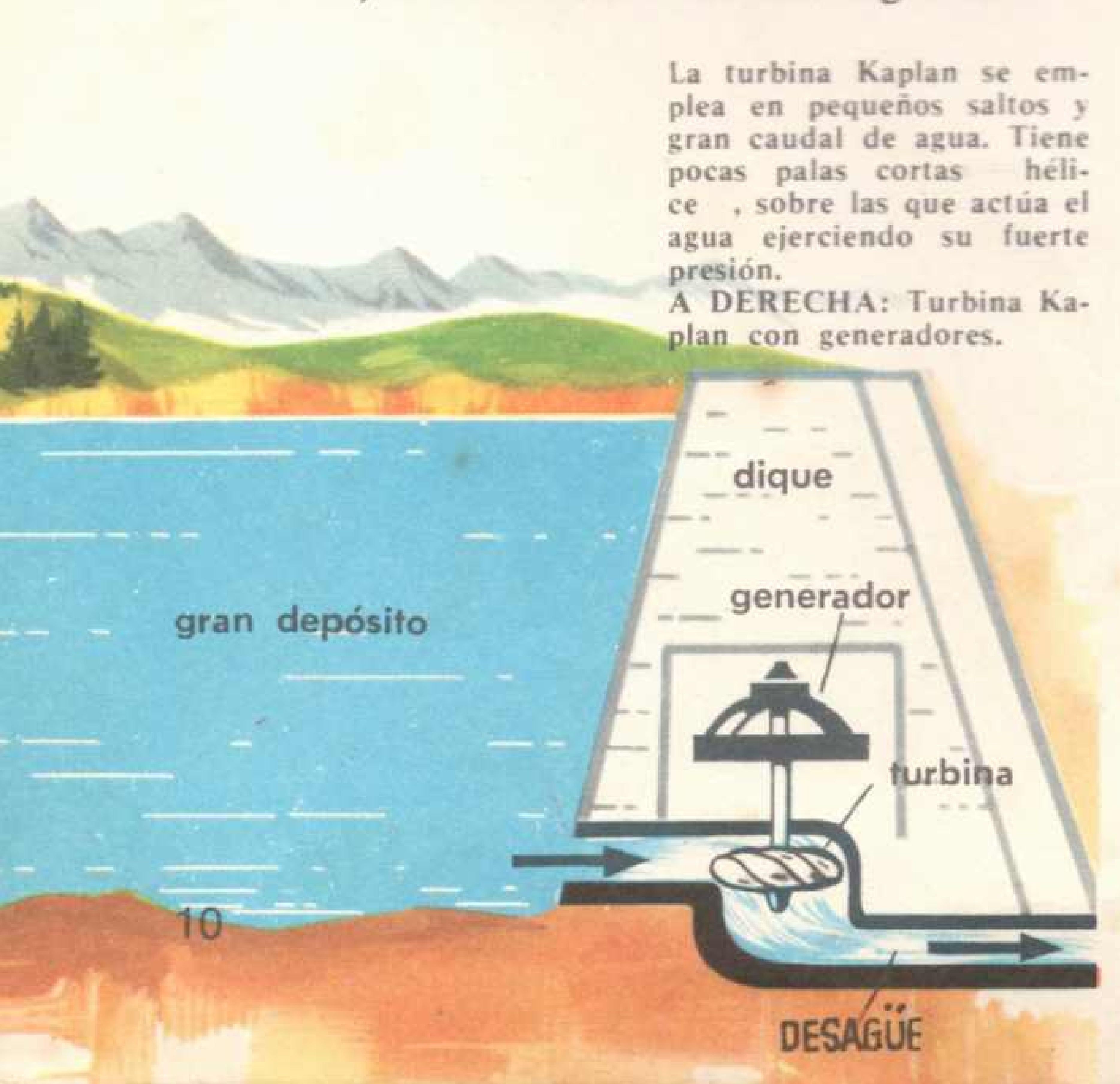


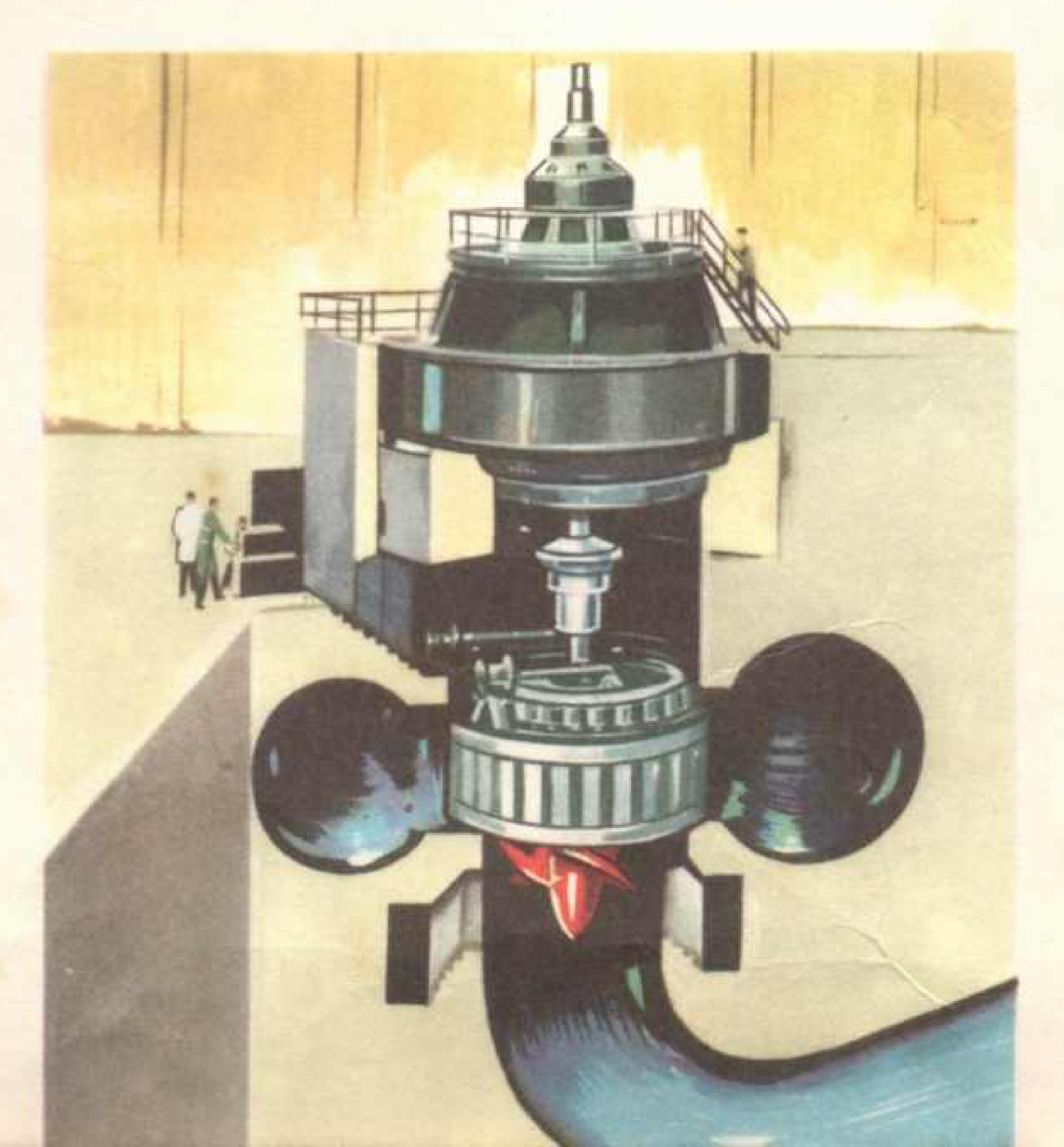
energía eléctrica, según el principio de Faraday.

Esta "maquinita", así la llamó su inventor, que producía una corriente continua, fue presentada en la Exposición de Viena de 1860, y despertó mucha admiración. Pacinotti no dejó de pensar en el modo de hacerla más eficiente, hasta que en 1874 ideó colocar en vez del anillo un cilindro (tambor), que era más práctico. El tambor fue luego adoptado por la casa alemana Siemens. Pacinotti no pensó en patentar su invención que, durante mucho tiempo, fue atribuida al belga Zenobio Gramme, jefe de taller de una fábrica de París a la que se había dirigido Pacinotti. Gramme sólo tuvo el mérito de construir y lanzar al mercado la dinamo con anillo de Pacinotti, introduciendo en ella algunas modificaciones que fueron poco oportunas. Por el contrario, fueron óptimas las dinamos construidas por la casa Siemens que, como ya hemos visto, substituyó el anillo por el tambor que, todavía hoy, llevan las dinamos modernas. Fue el ingeniero Werner von Siemens quien bautizó a esta máquina con el nombre de "dinamo". A partir de este momento Siemens se dedicó a la construcción de generadores eléctricos y su aplicación se desarrolló rápidamente. Incluso Edison, el mago de la electricidad, construyó varios tipos de dinamos para producir energía para sus bombillas, y fue él quien implantó las primeras centrales en Nueva York y en Londres, en 1882.

Una central eléctrica es el centro donde se crea la energía eléctrica que parte en todas

La turbina Kaplan se emplea en pequeños saltos y gran caudal de agua. Tiene pocas palas cortas hélice , sobre las que actúa el agua ejerciendo su fuerte presión.
A DERECHA: Turbina Kaplan con generadores.





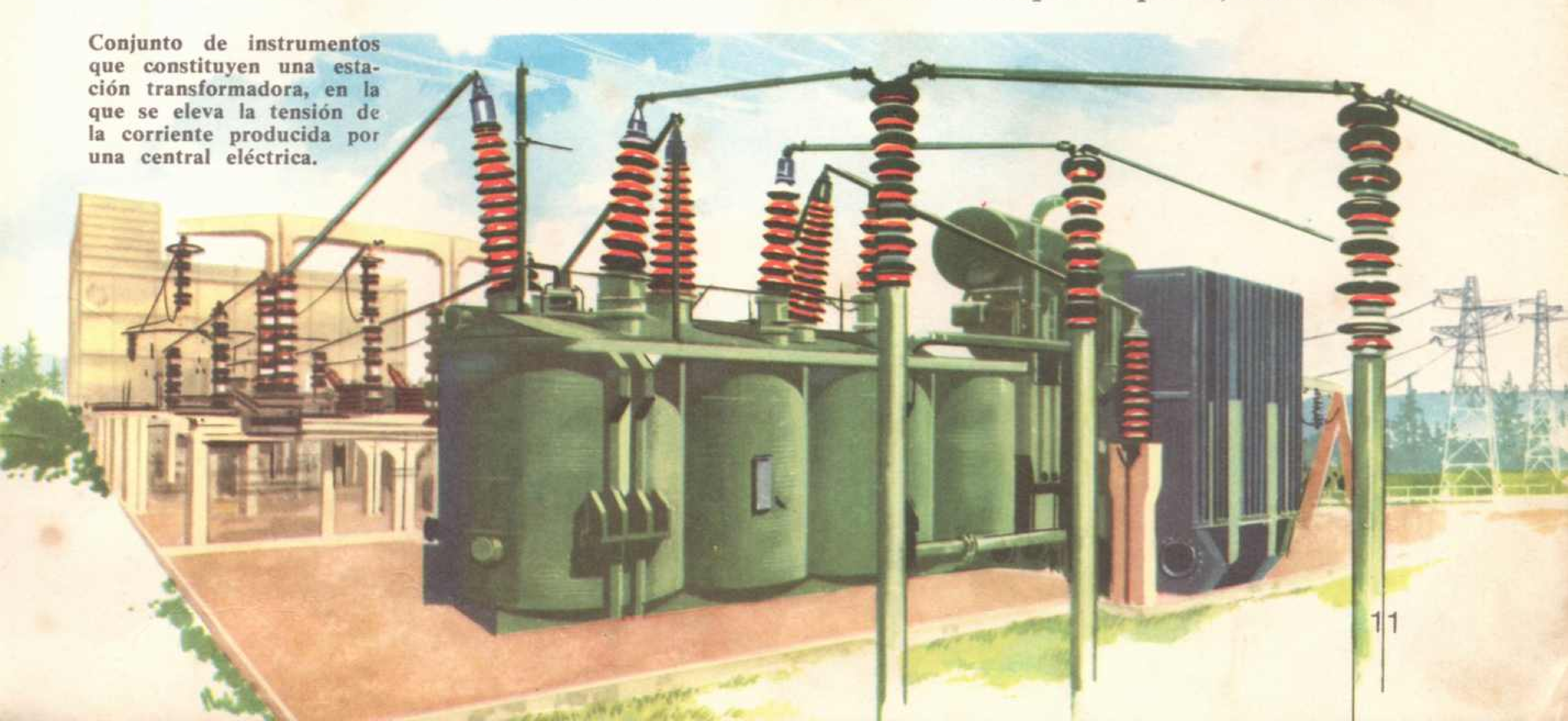


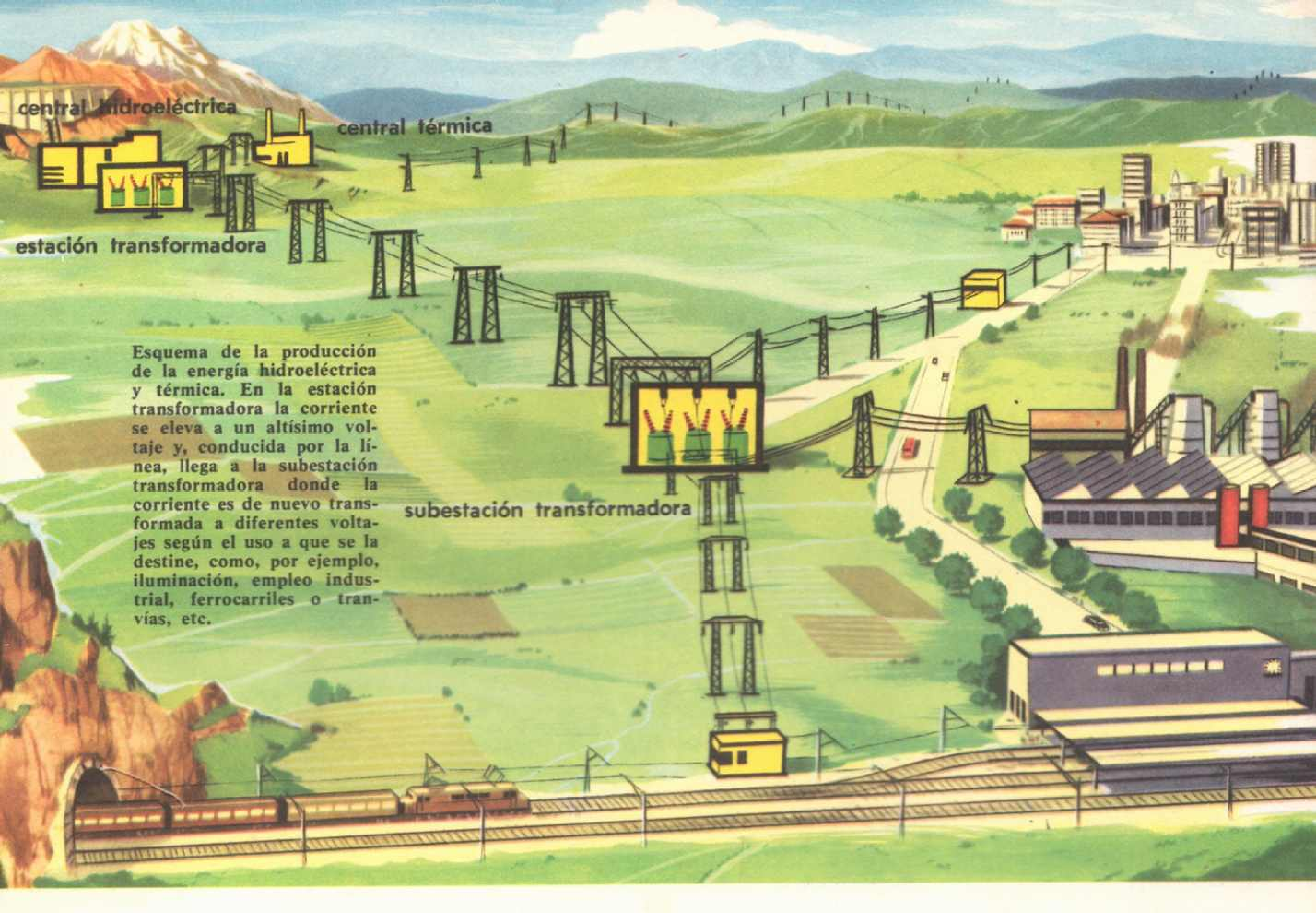
La corriente producida por la central eléctrica se eleva a alta tensión con objeto de que no se pierda en forma de calor, por la resistencia de los hilos conductores; pero una vez llegada a su destino es transformada de nuevo en corriente a baja tensión para que pueda ser utilizada. Este cambio se lleva a cabo por transformadores (de los que presentamos un esquema simplificado), formados por un núcleo magnético rodeado de dos devanados con diferente número de espirales, y bien aislados uno del otro, que constituyen los circuitos primario y secundario. Cuando la corriente alterna a baja tensión pasa por el devanado de pocas espirales (circuito primario), genera una variación de fluido capaz de producir en el devanado de doble número de espirales (circuito secundario), corriente inducida, pero de mayor potencia. Lo contrario tiene lugar cuando la corriente de alta tensión es dirigida a la bobina con mayor número de espirales.

direcciones. En su sala de máquinas se encuentran potentes turbinas (movidas por el vapor o la fuerza hidráulica), que comunican sus movimientos a enormes dinamos especiales: los alternadores que producen la corriente eléctrica.

Conviene recordar que la corriente eléctrica puede ser continua (si el flujo de los electrones se realiza siempre en la misma dirección) y alterna (si el flujo cambia de dirección periódicamente). Sin entrar en detalles técnicos, diremos que en las centrales se produce corriente alterna, porque sólo ésta puede sufrir determinadas transformaciones que le permiten recorrer grandes distancias. La corriente se distribuye por medio de hilos especiales sostenidos por postes de madera o de hierro. Estos hilos son delgados, los gruesos serían demasiado caros. Pero para viajar por estos hilos la corriente debe ser transformada. Si la comparamos con el agua, veremos que ésta circula por los tubos porque es empujada, ya que tiene cierta presión. Del mismo modo, la corriente eléctrica, para correr por los hilos conductores, debe sufrir un empuje, una presión, que en lenguaje técnico se llama tensión y se mide en voltios, palabra derivada del nombre del científico Volta. Por lo tanto, para que la corriente circule bien, debe tener una alta tensión, pero ello no basta; además debe tener también una baja intensidad, es decir, que la cantidad de sus electrones (intensidad), debe ser escasa; en caso contrario los hilos podrían calentarse demasiado y quemarse. La intensidad de la corriente se mide por amperios, del nombre

Conjunto de instrumentos que constituyen una estación transformadora, en la que se eleva la tensión de la corriente producida por una central eléctrica.





Esquema de la producción de la energía hidroeléctrica y térmica. En la estación transformadora la corriente se eleva a un altísimo voltaje y, conducida por la línea, llega a la subestación transformadora donde la corriente es de nuevo transformada a diferentes voltajes según el uso a que se la destine, como, por ejemplo, iluminación, empleo industrial, ferrocarriles o tranvías, etc.

del gran físico francés. He aquí por qué antes de que la corriente entre en las estaciones de transformación donde hay máquinas apropiadas, los transformadores —sobre la base también de electroimanes, tan grandes que a veces ocupan toda una sala— disminuyen su intensidad y elevan su tensión inicial de seiscientos voltios a más de cien mil. Ahora podremos comprender por qué son tan peligrosos los hilos de alta tensión.

Cuando tras un largo viaje de cientos de kilómetros, la corriente llega cerca de la ciudad, entra en la subestación de transformación que vuelve a su nivel primitivo tanto la intensidad como la tensión. La corriente es dirigida desde aquí a las cabinas de distribución colocadas en diferentes puntos de la ciudad, donde la tensión es rebajada todavía a 600, 220 ó 180 voltios, para que pueda ser adaptada a los aparatos industriales de iluminación, calefacción, fuerza motriz, etc. Este es en pocas palabras el viaje de la corriente eléctrica.

Pero nos falta todavía decir algo sobre las centrales. En un principio sólo eran termoeléctricas, o sea que las turbinas eran movidas solamente por vapor, producido por unas enormes calderas. Pero, actualmente y en particular en los países pobres en carbón, las centrales son, en su mayor parte, hidroeléctricas, es decir, que las turbinas son movidas por la fuerza del agua.

Ya en el primer volumen hemos hablado de las turbinas a vapor; las turbinas hidráulicas no son más que ruedas perfeccionadas movidas por este elemento. Los dos tipos de turbina más corrientes son, la rueda de Pelton, que lleva en sus bordes una serie de paletas a doble cuchara, utilizada cuando el agua cae de un salto muy alto, y la de Kaplan, que se emplea cuando la corriente hidráulica es más débil. La diferencia entre la rueda hidráulica de un molino y la turbina, es la siguiente: la primera se mueve por el peso del agua, la segunda por la fuerza viva de este elemento, es decir, por su presión. En las centrales eléctricas las turbinas están siempre conectadas con los alternadores y forman, con ellos, los turboalternadores. Muchas centrales son casi

automáticas. No necesitan personal porque existen dispositivos de mando que velan sobre toda la maquinaria.

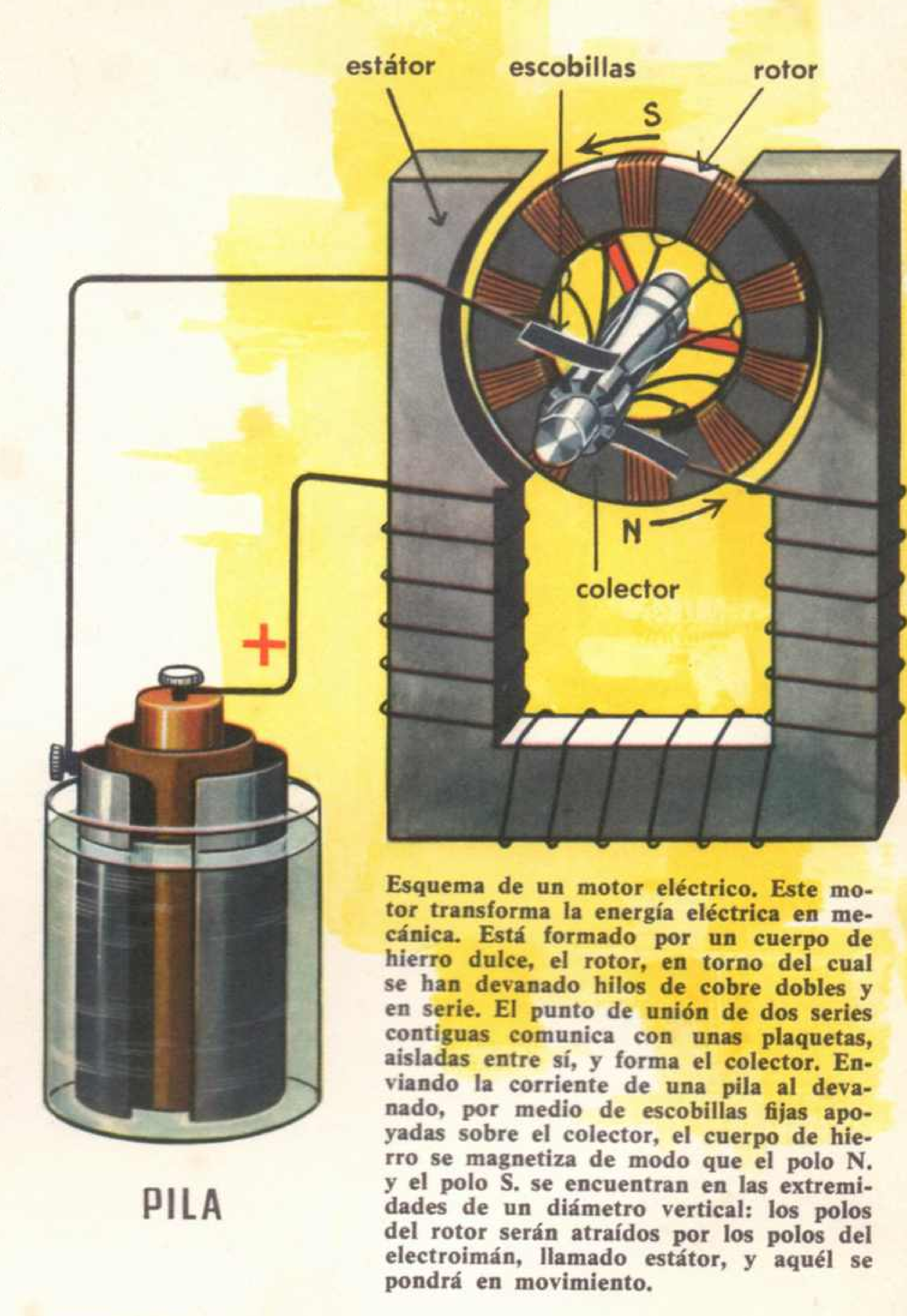
Cuando se construyeron las centrales eléctricas se comenzó a hacer un gran uso de esta energía. Entre otras cosas se emplearon motores eléctricos para mover las máquinas. Hasta ahora hemos visto y estudiado dos clases de motores, los movidos por el vapor y los movidos por combustión interna; a éstos hay que sumar los motores eléctricos.

La dinamo, recordémoslo, es una máquina de doble empleo, es decir, invertible. Volviendo a la dinamo de Pacinotti, veremos que moviendo el anillo se produce electricidad; introduciendo electricidad en el anillo, se le hace girar y se crea energía mecánica.

En estos dos principios se basa el motor eléctrico. El anillo, o el tambor, está conectado con un eje que transmite el movimiento. Existen numerosos motores eléctricos. Puestos en marcha por la corriente enviada desde la central, hacen funcionar a tranvías y trolebuses, ascensores, aparatos electrodomésticos, etc. A propósito de los ascensores digamos que antes de la construcción de las centrales eléctricas, no se edificaban casas muy altas porque sus habitantes no gustaban de subir muchas escaleras; pero cuando las instalaciones de las centrales proporcionaron energía eléctrica se comenzaron a elevar los rascacielos.

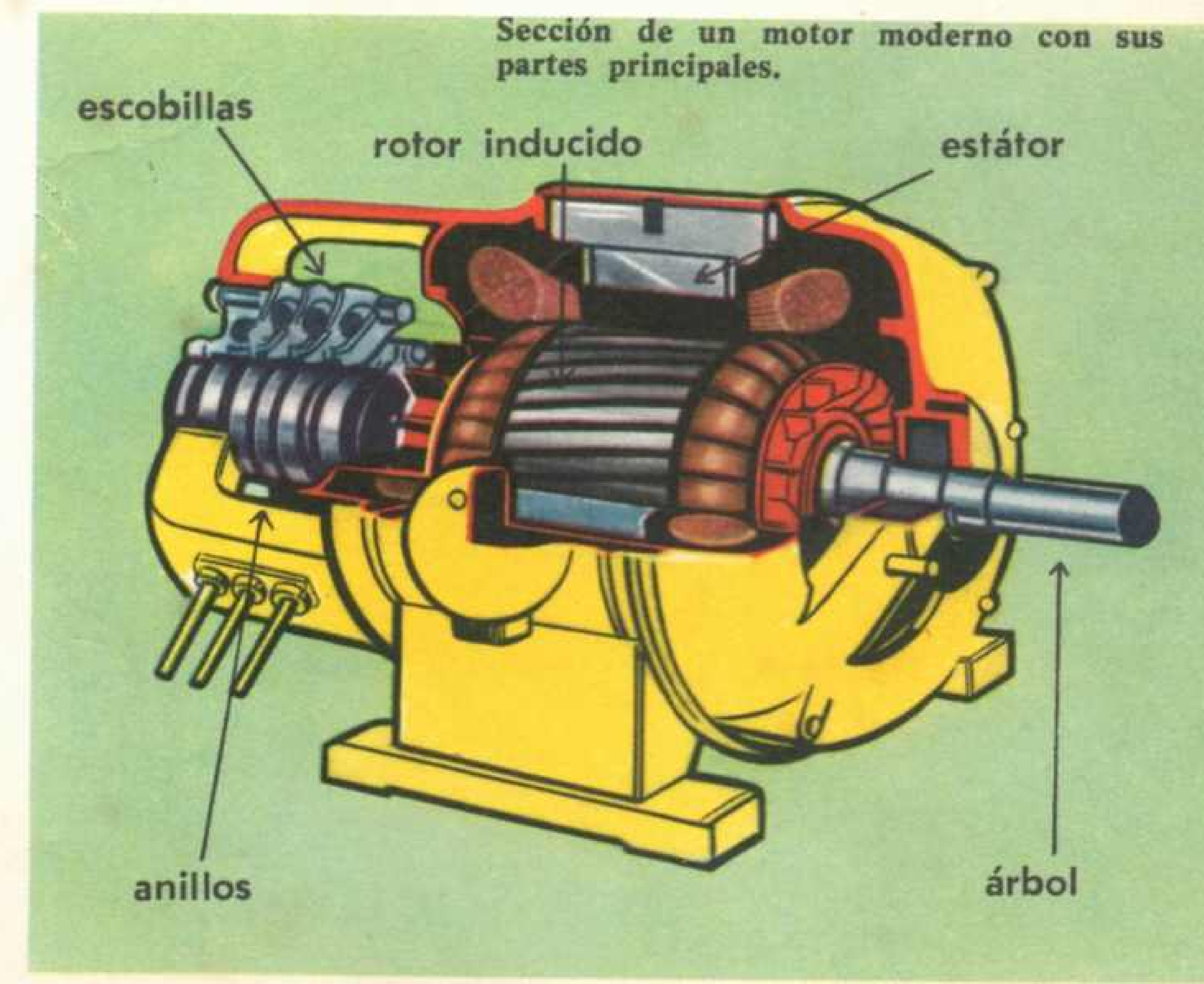
Otra cosa interesante es saber cómo funciona un tranvía. Su motor se encuentra debajo de él. La corriente se transmite por un cable aéreo y llega al motor por medio de una ruedecilla estriada sujeta a un vástago, que se llama trole.

La electricidad ha permitido al hombre realizar grandes progresos. Para comprenderlo basta comparar una cocina del siglo pasado con su chimenea y su luz de petróleo, con una moderna cocina donde reina la electricidad; lo mismo podríamos hacer con una fábrica, donde hace cien años, las máquinas (tornos, fresas, etc.) eran movidas por gas o a vapor, y tenían necesidad para su funcionamiento de correas de transmisión que constituían una verdadera selva peligrosa y embarazosa para



Esquema de un motor eléctrico. Este motor transforma la energía eléctrica en mecánica. Está formado por un cuerpo de hierro dulce, el rotor, en torno del cual se han devanado hilos de cobre dobles y en serie. El punto de unión de dos series contiguas comunica con unas plaquetas, aisladas entre sí, y forma el colector. Enviando la corriente de una pila al devanado, por medio de escobillas fijas apoyadas sobre el colector, el cuerpo de hierro se magnetiza de modo que el polo N. y el polo S. se encuentran en las extremidades de un diámetro vertical: los polos del rotor serán atraídos por los polos del electroimán, llamado estátor, y aquél se pondrá en movimiento.

Sección de un motor moderno con sus partes principales.





Las casas antiguas estaban mal iluminadas y las amas de casa tenían que dedicar su jornada a los aburridos y fatigosos quehaceres domésticos.

los operarios, sin hablar del humo, del polvo y, sobre todo, de los ruidos.

Dos de los méritos principales del motor eléctrico son su funcionamiento silencioso y sus dimensiones racionales. Otras de sus cualidades son que no tiene necesidad de correas de transmisión, que produce rápidamente movimiento rotatorio y no rectilíneo, como sucede con el motor a vapor o de bencina, que se pone rápidamente en marcha y que funciona con facilidad. Sin embargo, también este tipo de motores tiene sus inconvenientes: se calienta excesivamente y puede haber interrupciones de la corriente; pero sus ventajas son mucho mayores que sus inconvenientes.

También los trolebuses que vemos correr por las calles de las ciudades están movidos por motores eléctricos que son alimentados, no por un solo cable, como el tranvía, sino por dos. Este vehículo adquiere cada vez mayor difusión. Se le prefiere al tranvía porque su marcha es más suave y silenciosa y además porque sube las cuestas aunque sean muy empinadas.

Nos podríamos preguntar por qué no hay automóviles eléctricos. Si los hubiese, y los podría haber muy fácilmente, deberían alimentarse de corriente por medio de cables como los trolebuses, o llevar acumuladores; los cables, como se puede comprender, dificultarían mucho la libertad de movimiento del coche, y los acumuladores son demasiado pe-

La electricidad ha cambiado el aspecto de nuestras viviendas, hoy muy luminosas y muy confortables, gracias a los aparatos electrodomésticos.

En el siglo XIX hicieron su aparición las primeras industrias con máquinas movidas a vapor, muy eficientes, pero muy complicadas, que requerían mucha mano de obra.

sados y tienen que cargarse de nuevo. Sin embargo, en muchas ciudades se emplean para servicios municipales grandes y silenciosos camiones, movidos por energía eléctrica.

También los sumergibles, cuando navegan bajo el agua, se sirven de motores eléctricos y de acumuladores, aunque a veces están dotados de motores Diesel.

Los funiculares son casi todos eléctricos, y el cable portador está movido por un motor de esta clase.

Veamos ahora con qué energía funcionan los ferrocarriles en el mundo. Se puede decir que el 85 % del tráfico mundial se hace a vapor. El resto es movido por potentes motores Diesel, por energía eléctrica o por turbinas de vapor. Pero los trenes movidos por esta clase de turbinas son escasos porque sus instalaciones son muy caras. Existen algunas de ellas en los Estados Unidos de Norteamérica y en Alemania.

Los países pobres en carbón mineral y ricos en saltos de agua, hacen esfuerzos por electrificar los ferrocarriles, porque la hulla blanca es mucho más económica. Por otra parte, los motores eléctricos son más potentes que los de vapor, y además no producen el humo que a veces parece tan romántico, cuando sale de la chimenea de una locomotora resollante, pero que, otras, cuando el tren se introduce en un túnel, constituye un verdadero peligro para el viajero, por las substancias tóxicas que

Hoy en las fábricas se encuentran máquinas eléctricas muy racionales, que dan una producción mucho más rápida, y que se sitúan en ambientes luminosos e higiénicos.



En la exposición industrial de Berlín, de 1879, se presentó la primera locomotora eléctrica.
A LA DERECHA: Uno de los primeros tranvías alimentado de energía por un cable aéreo, y un trolebús moderno con doble línea aérea.

contiene, sin hablar del daño que ocasiona en las estaciones donde se detiene la locomotora, porque ennegrece los edificios y corroe los techos.

La locomotora de vapor tiene 160 años y la eléctrica, 86. La primera locomotora eléctrica, realmente práctica, fue la presentada por el ingeniero Werner von Siemens, en la exposición industrial de Berlín, en 1879, que alcanzaba una velocidad de siete kilómetros por hora. Hoy, una moderna locomotora eléctrica puede hacer más de 200. A fines del siglo pasado existían ya líneas de ferrocarril completamente electrificadas en Francia y en los Estados Unidos de Norteamérica.

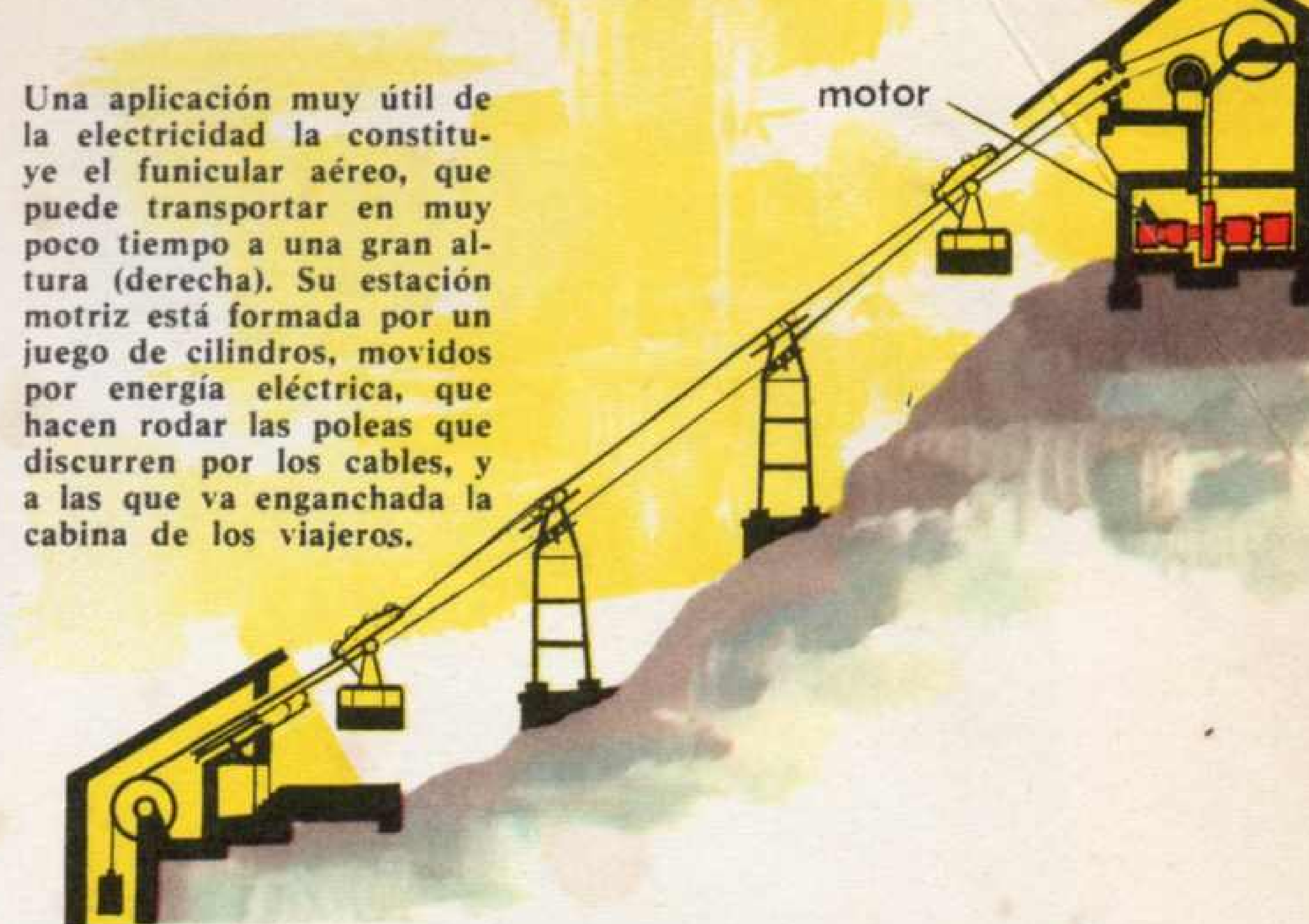
En la actualidad los países más desarrollados económicamente, han alcanzado un alto grado de electrificación de sus ferrocarriles. Francia, que ya comenzó a hacerlo durante el siglo pasado, y que posee los trenes más rápidos del mundo, se halla a la cabeza de los países con ferrocarriles propulsados por energía eléctrica. Con ella, en Europa se pueden señalar Suiza, Inglaterra, Alemania, Bélgica, Italia y la Unión Soviética. En América hay que citar, fuera de los Estados Unidos de Norteamérica, al Canadá, República Argentina, Brasil, Uruguay, Méjico y otros países.

Examinemos ahora un moderno tren eléctrico. Es rápido, silencioso, potente. Puede tener de dos a ocho motores, alimentados por corriente continua o alterna. Los motores se encuentran junto a las ruedas, a las que trans-

Primeros tipos de locomotoras eléctricas: en éstas la energía es transmitida por cables aéreos en contacto con un trole.

Los trenes eléctricos modernos son rápidos y silenciosos; tienen una enorme ventaja sobre las locomotoras de vapor: no producen humo, muy tóxico, que puede ser muy peligroso cuando el tren atraviesa largos túneles.





Una aplicación muy útil de la electricidad la constituye el funicular aéreo, que puede transportar en muy poco tiempo a una gran altura (derecha). Su estación motriz está formada por un juego de cilindros, movidos por energía eléctrica, que hacen rodar las poleas que discurren por los cables, y a las que va enganchada la cabina de los viajeros.

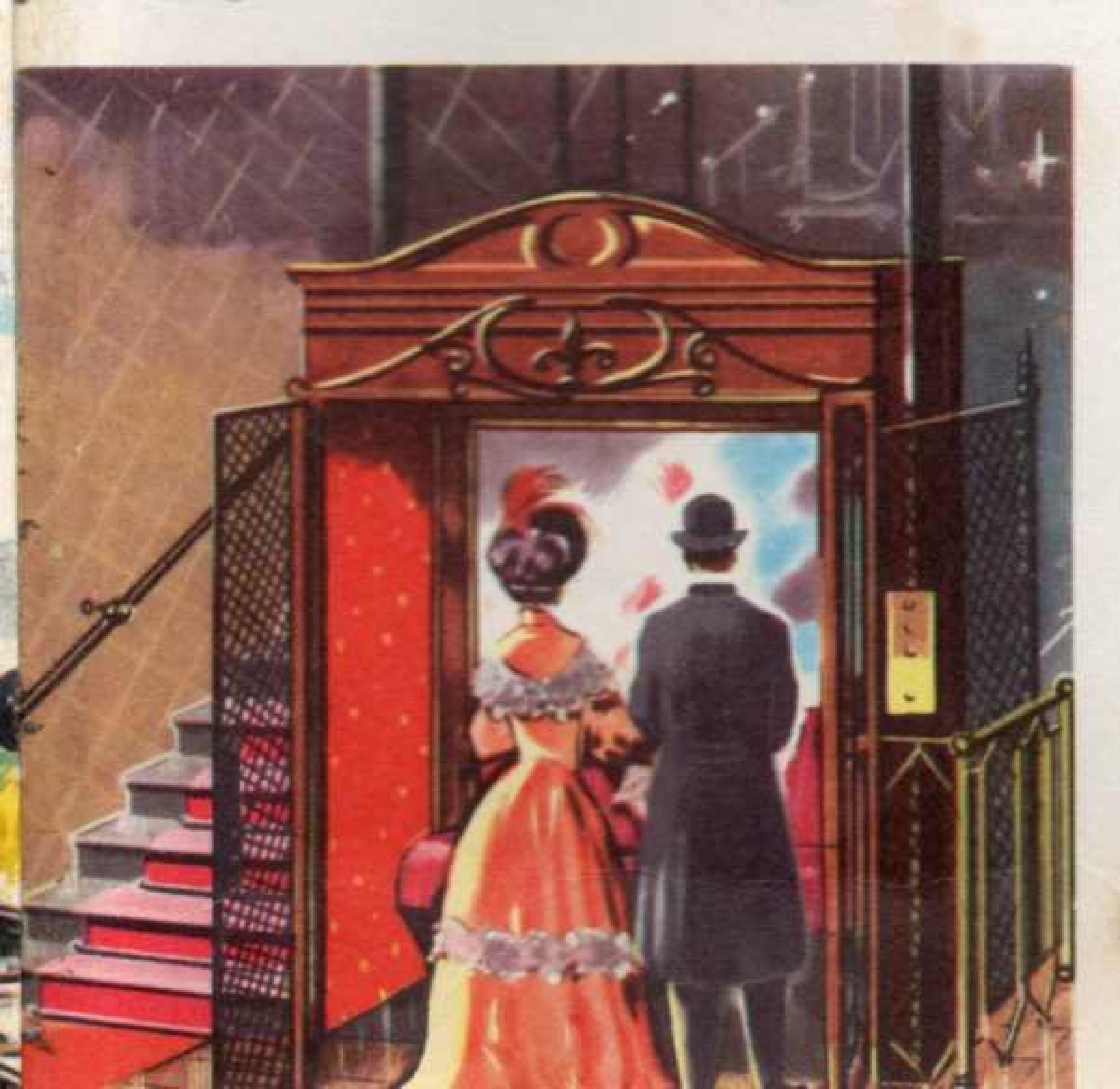
miten directamente el movimiento, y son manipulados por el maquinista que se encuentra en su cabina, en la parte delantera del coche.

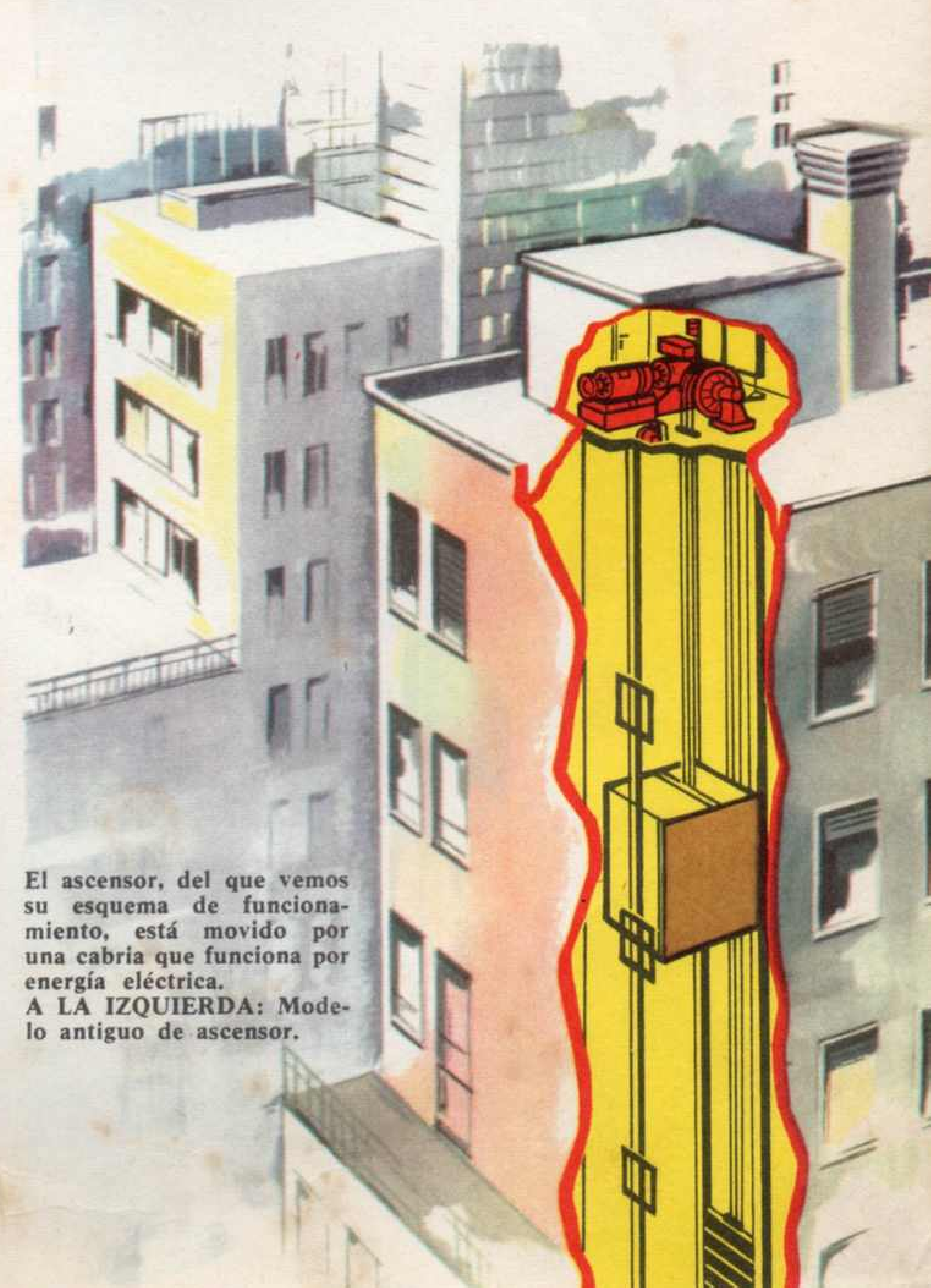
El maquinista de esta locomotora no tiene ningún parecido con el tiznado y sudoroso de las locomotoras de vapor. Es un señor correcto e impasible, que se parece mucho al conductor de tranvía; se encuentra sentado ante un cuadro de mecanismos y con un sencillo movimiento de manivela da o corta la corriente al motor.

En los trenes rápidos de las proximidades de las grandes ciudades y también en los tranvías, se ha empleado y se sigue empleando, corriente continua de 500 a 4.000 voltios. Pero los trenes principales, es decir, aquellos que hacen largos recorridos, emplean máquinas locomotoras con corriente continua de 1.500 v, o alterna monofásica de 11.000 ó 15.000 v de tensión de línea. La velocidad aumenta o disminuye variando la tensión.

Existen locomotoras en las que va acoplado un motor Diesel al motor eléctrico. En estas máquinas el motor Diesel pone en movimiento la dinamo generatriz de corriente, y ésta, a su vez, hace mover el motor eléctrico.

He aquí, resumido, el milagro de la electricidad y de los motores eléctricos que funcionan en fábricas, carreteras y hogares. Pensemos que incluso nuestro tocadiscos, el televisor o cualquier aparato electrodoméstico que vemos en casa, y que se ha hecho indispensable en el hogar, no podría funcionar si no existiese la electricidad.





El ascensor, del que vemos su esquema de funcionamiento, está movido por una cabria que funciona por energía eléctrica.
A LA IZQUIERDA: Modelo antiguo de ascensor.

LA CONQUISTA DEL CIELO



En la ilustración vemos, arriba, uno de los primeros zeppelines, y, abajo, el «R 101», de 223 metros de largo, que tuvo un trágico fin durante su vuelo inaugural realizado en 1930.

El vuelo y el hombre

Leonardo de Vinci, el primer sabio que estudió de un modo científico el vuelo de los pájaros, pensó que el hombre podría remontarse en el aire a fuerza de músculos batiendo unas alas, y proyectó máquinas voladoras. Pero pronto abandonó esta idea. Sin embargo, muchos fueron, en todas las épocas, los audaces que se aplicaron en los brazos alas de diferentes tipos e intentaron sostenerse en el aire lanzándose desde lo alto. No es necesario decir que todos los intentos fallaron.

Pero como el hombre no podía volar con la fuerza muscular, pensó hacerse llevar por los aires por alguna máquina que flotase en ese fluido. Ya el siglo XVII se hicieron interesantes experimentos, y se comprobó que llenando vejigas con un gas más ligero que el aire, éstas se elevaban en el espacio. De aquí se llegó al famoso globo lleno de aire caliente de los hermanos Montgolfier, que se elevó victoriosamente por los aires el 19 de septiembre de 1783, en París.

En 1937, el zeppelin a hidrógeno, «Hindemburg», se incendió en la torre de amarre de Lakehurst, Nueva Jersey. Tras este desastre ya no se usan los dirigibles como medio de transporte.

El globo de aire caliente sirvió durante ochenta años para realizar una serie de aventuras, hasta que en 1863 comenzaron en Alemania los vuelos con globos dirigibles, es decir, de aeronaves que, aún estando sostenidas en el aire por efecto del gas, se podían mover por medios propios, ya que estaban dotadas de motores.

Los dirigibles eran naves muy costosas y peligrosas debido a la inflamabilidad del hidrógeno, que era generalmente el gas con que se hinchaba el globo.

Después de la primera guerra mundial salió, de los establecimientos del ingeniero alemán Fernando Zeppelin, el mayor dirigible que había existido hasta entonces, el "Zeppelin Hindenburg", que era 16 veces más largo que un moderno cuadrimotor y podía alcanzar una velocidad de 178 kms. por hora. Pero fue destruido en un gigantesco incendio cuando aterrizaba en Lakehurst, Nueva Jersey, después de una travesía del Atlántico.

Otro famoso dirigible fue el italiano "Norge" (Noruega), que, pilotado por Humberto Nobile, sobrevoló en mayo de 1926 el Polo Norte, llevando a bordo al explorador noruego Amundsen.

Pero los hombres no estaban satisfechos sólo con viajar por el aire con globos y dirigibles, es decir, con artefactos más ligeros que el aire; quisieron cruzar el cielo con máquinas más pesadas que este elemento, imitando en ello a los pájaros.

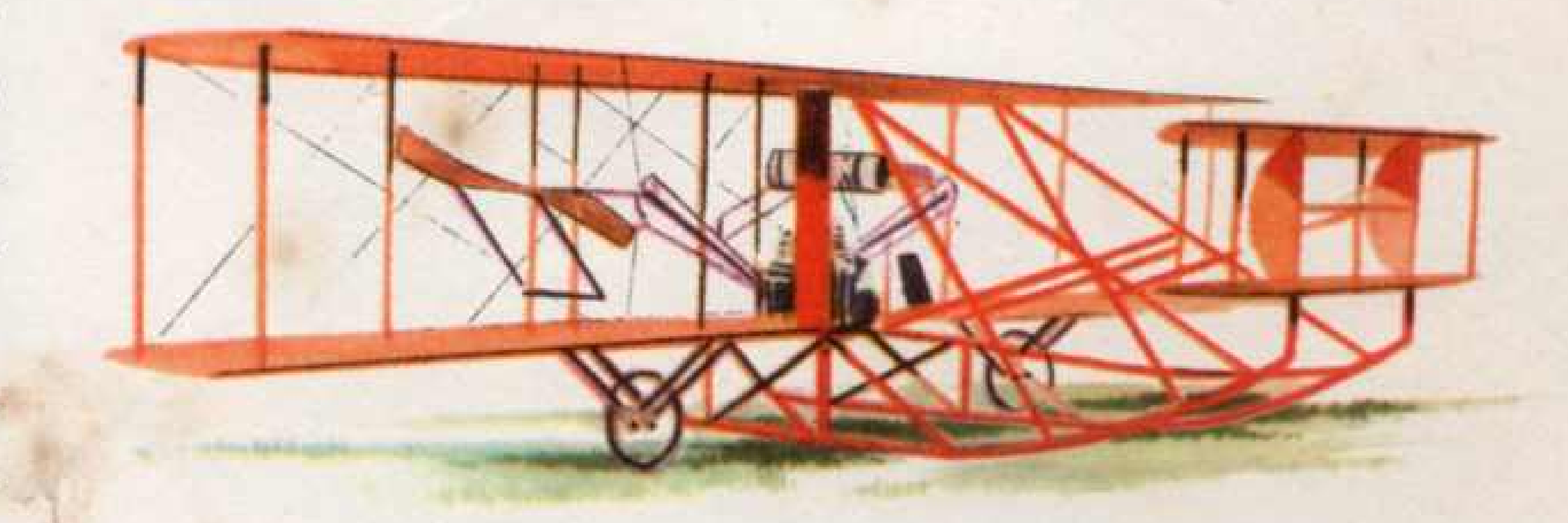
Las tentativas de volar con medios más pesados que el aire se realizaron en dos direc-

Para construir su aparato (1897), el francés Clement Ader estudió el vuelo de las cigüeñas y de los murciélagos. El aparato, en realidad, parece un pájaro enorme de alas plegables (14 m. de envergadura) y bien equilibrado en la razón peso y motor.



El alemán Otto Lilienthal construyó un aparato de 7 metros de largo con alas articuladas y que sólo se podía mover como un timón, aprovechando las corrientes del aire. Fue la primera aplicación del vuelo a vela.

Orville y Wilbur Wright construyeron un biplano a patines con timón y motor a explosión, consiguiendo dar a la aeronave varias direcciones durante el vuelo por medio de los planos verticales de la cola.





El francés Bleriot fue el primero que atravesó en vuelo, en 1909, el Canal de la Mancha. Salió a las 5 de la mañana del 25 de julio de Calais y llegó a Dover 27 minutos después.

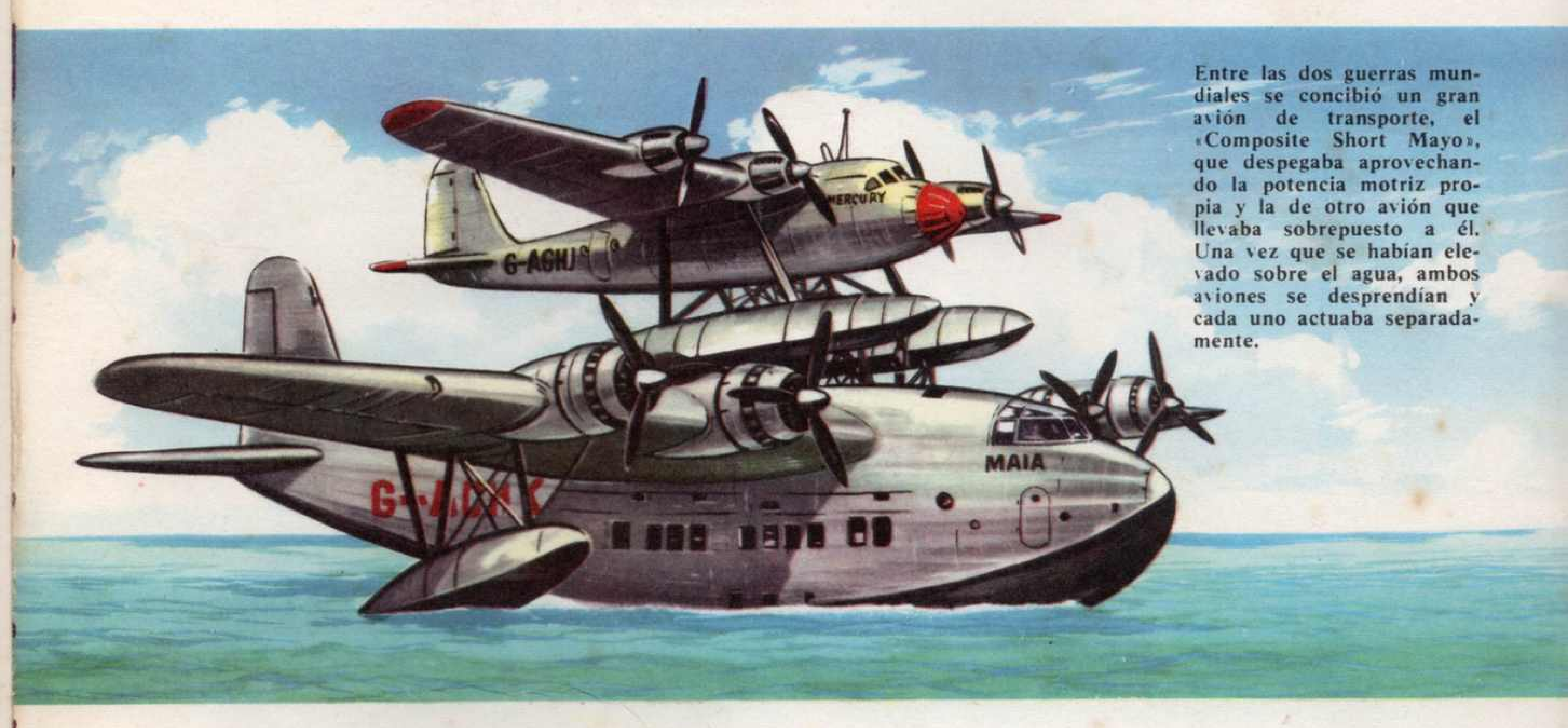
ciones: con máquinas sin motor (planeadores) y máquinas con motor (helicópteros y aeroplanos).

El primer hombre que voló, realizando el sueño de Leonardo de Vinci, fue el alemán Otto Lilienthal, quien con un aparato provisto de alas y de cola, se lanzó al espacio desde un montículo, construido adrede para ello, en la periferia de Berlín. Variando la dirección de las alas y cambiando el centro de gravedad, Lilienthal demostró que era capaz de aminorar o de acelerar el descenso, de elevarse de nuevo y de volver al punto de partida; todo esto aprovechando las corrientes de aire, discurriendo por las vías del espacio, lo mismo que hacen los pájaros en su vuelo planeado. Había nacido el primer planeador y el vuelo a vela. Lilienthal proporcionó preciosas indicaciones a sus sucesores. Y es sabido que los hermanos Wright, que construyeron el primer aeroplano capaz de elevarse, sostenerse y moverse en el aire, estudiaron detenidamente sus escritos y sus notas. Lilienthal había pensado ya aplicar un motor a su aparato cuando, desgraciadamente, en uno de sus vuelos fue arrastrado por una ráfaga de viento y se estrelló contra el suelo el 9 de agosto de 1896.

Como podemos observar, esto sucedía a



En el aparato de Voisin se nota por primera vez la presencia del timón de direcciones y de profundidad y de los alerones móviles en sentido opuesto.



Entre las dos guerras mundiales se concibió un gran avión de transporte, el «Composite Short Mayo», que despegaba aprovechando la potencia motriz propia y la de otro avión que llevaba sobrepuesto a él. Una vez que se habían elevado sobre el agua, ambos aviones se desprendían y cada uno actuaba separadamente.

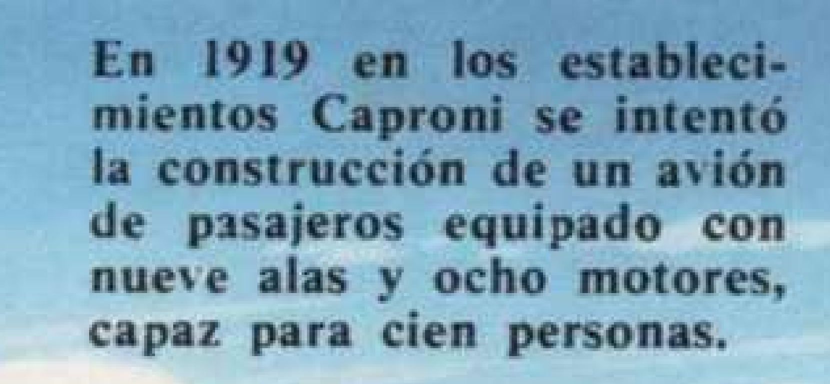


Los planeadores, de los que vemos en el grabado un modelo moderno y uno anterior a la segunda Guerra Mundial, son aparatos sin motor empleados para el vuelo a vela. Generalmente están construidos con madera y lona y despegan arrastrados por otro avión del que se desenganchan en el aire.

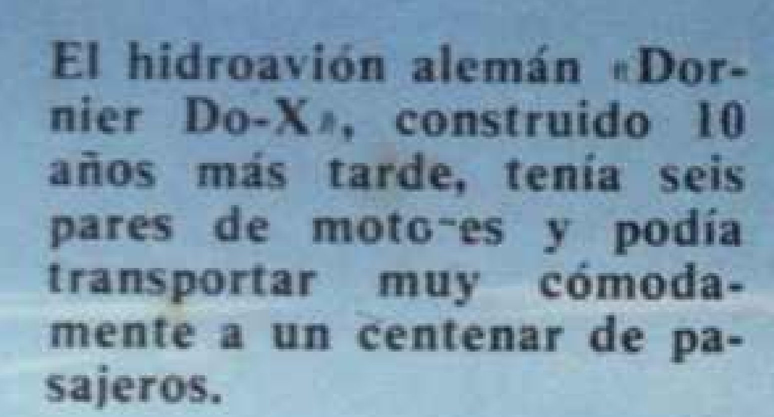


En 1927 el norteamericano Charles Lindbergh realizó, en solitario, la travesía del Atlántico sin escala, en 33 horas y media, a bordo de su monoplano «Spirit of Saint Louis».

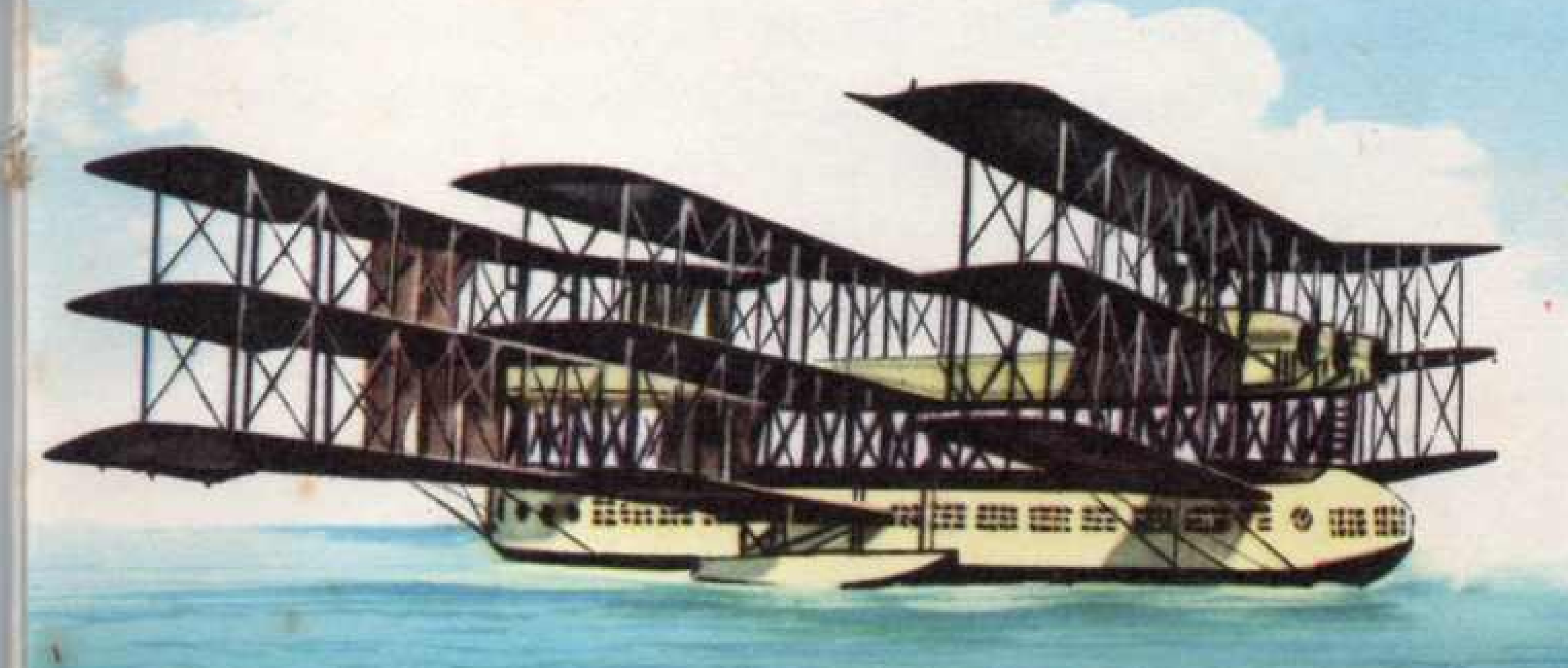
se quería volar a lo largo y a lo ancho del espacio, como los pájaros. Franceses, ingleses y norteamericanos intentaron cruzar el espacio con aparatos de tipo diferente. Pero el único que entonces consiguió elevarse algunos centímetros del suelo fue el francés Clement Ader, en 1897, con su "Pipistrelo", pequeño aeroplano con un diminuto motor a vapor de 32 kilogramos de peso. Pero el "Pipistrelo" cayó al suelo durante una de las

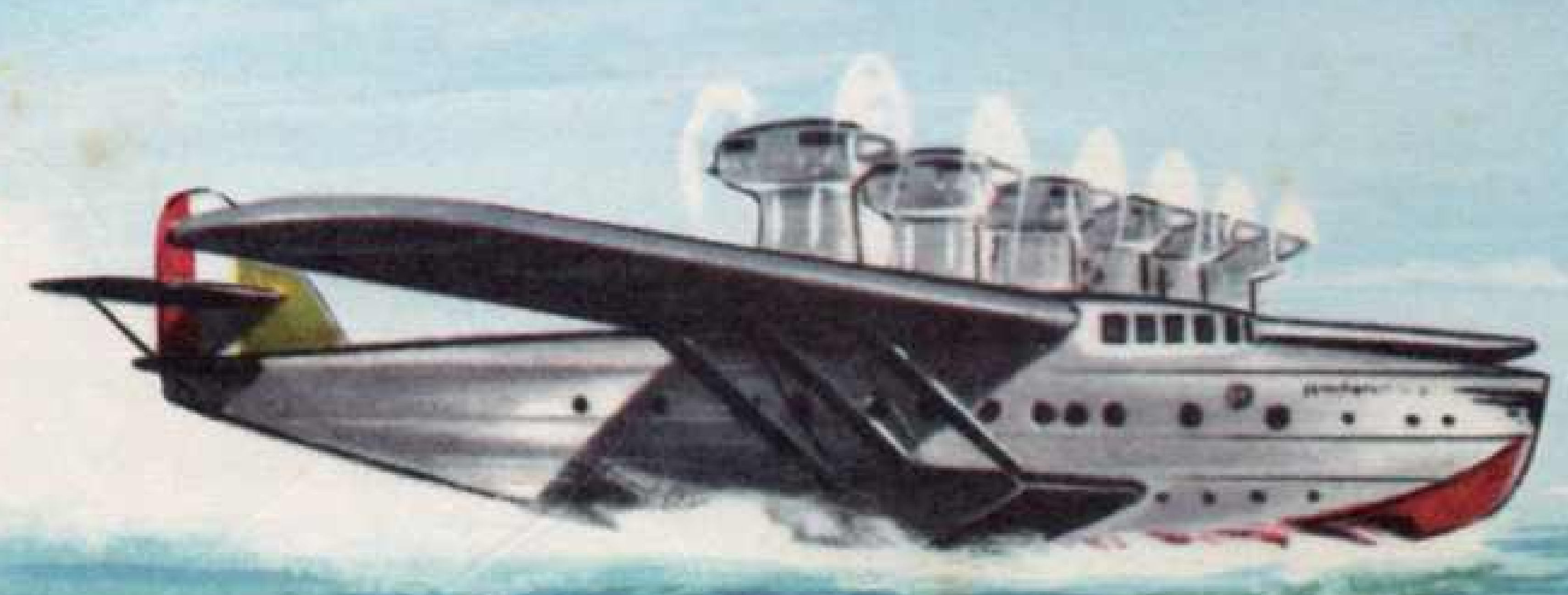


En 1919 en los establecimientos Caproni se intentó la construcción de un avión de pasajeros equipado con nueve alas y ocho motores, capaz para cien personas.



El hidroavión alemán «Dornier Do-X», construido 10 años más tarde, tenía seis pares de motores y podía transportar muy cómodamente a un centenar de pasajeros.

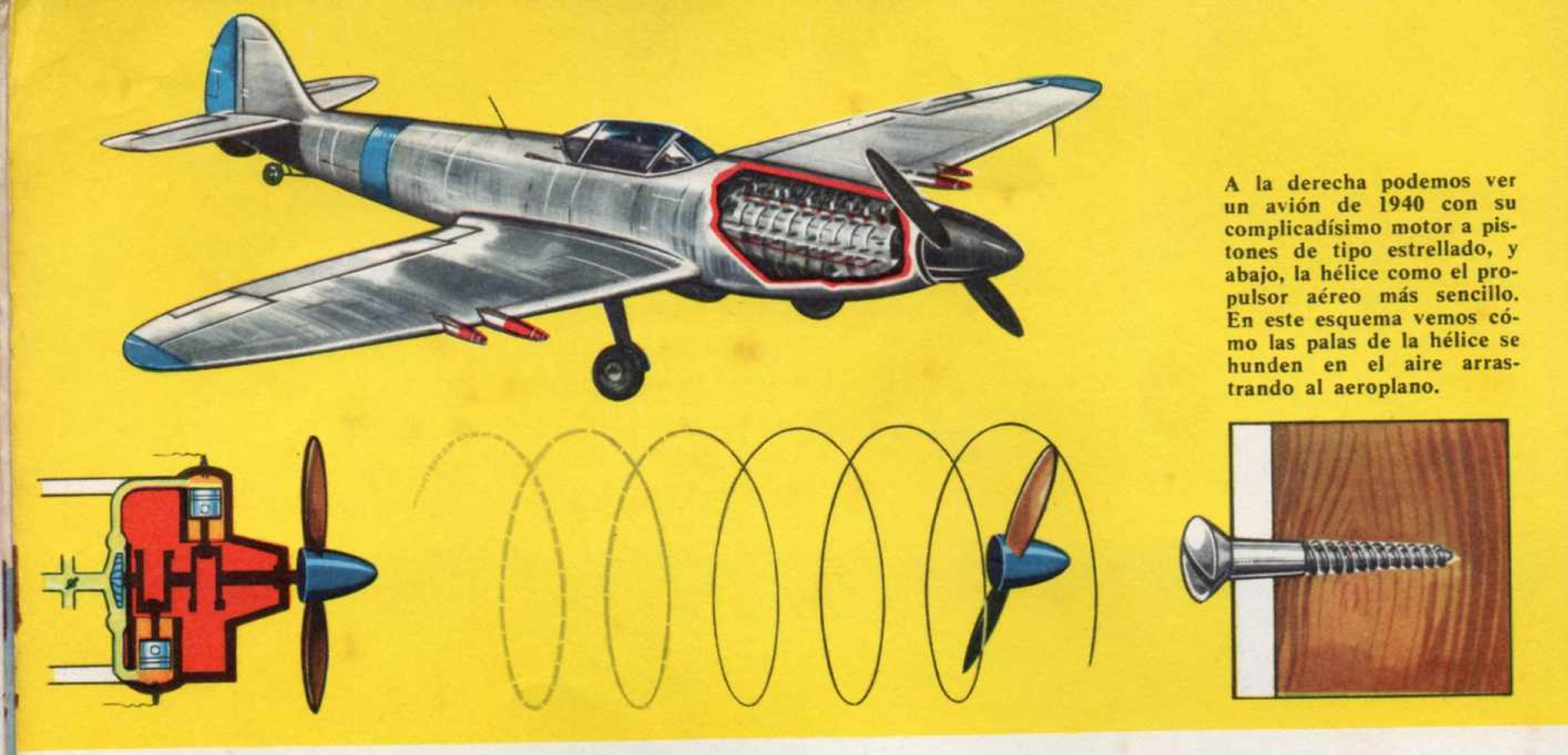




fines del siglo XIX, la época del motor: a gas, a vapor, a bencina. Era por lo tanto natural que se pensase en aplicar el motor a las nuevas máquinas de transporte aéreo. En 1876, Enrico Forlanini aplicó el motor a gas a un aparato que quizá sea el primer helicóptero de la historia y que se elevó a 13 metros de altura, en vuelo vertical, en el Parque de Milán. Pero el vuelo vertical fue abandonado. Sólo se afrontó racionalmente bastante más tarde. Se puede afirmar que hasta el fin de la segunda guerra mundial no se comenzó la construcción en serie de verdaderos helicópteros. Sin embargo, no debemos pasar en silencio al ingeniero español Juan de La Cierva, inventor del autogiro, quien sustituyó las alas de aeroplano por una hélice con palas horizontales. Pero en los últimos años del siglo pasado el vuelo vertical no interesaba;



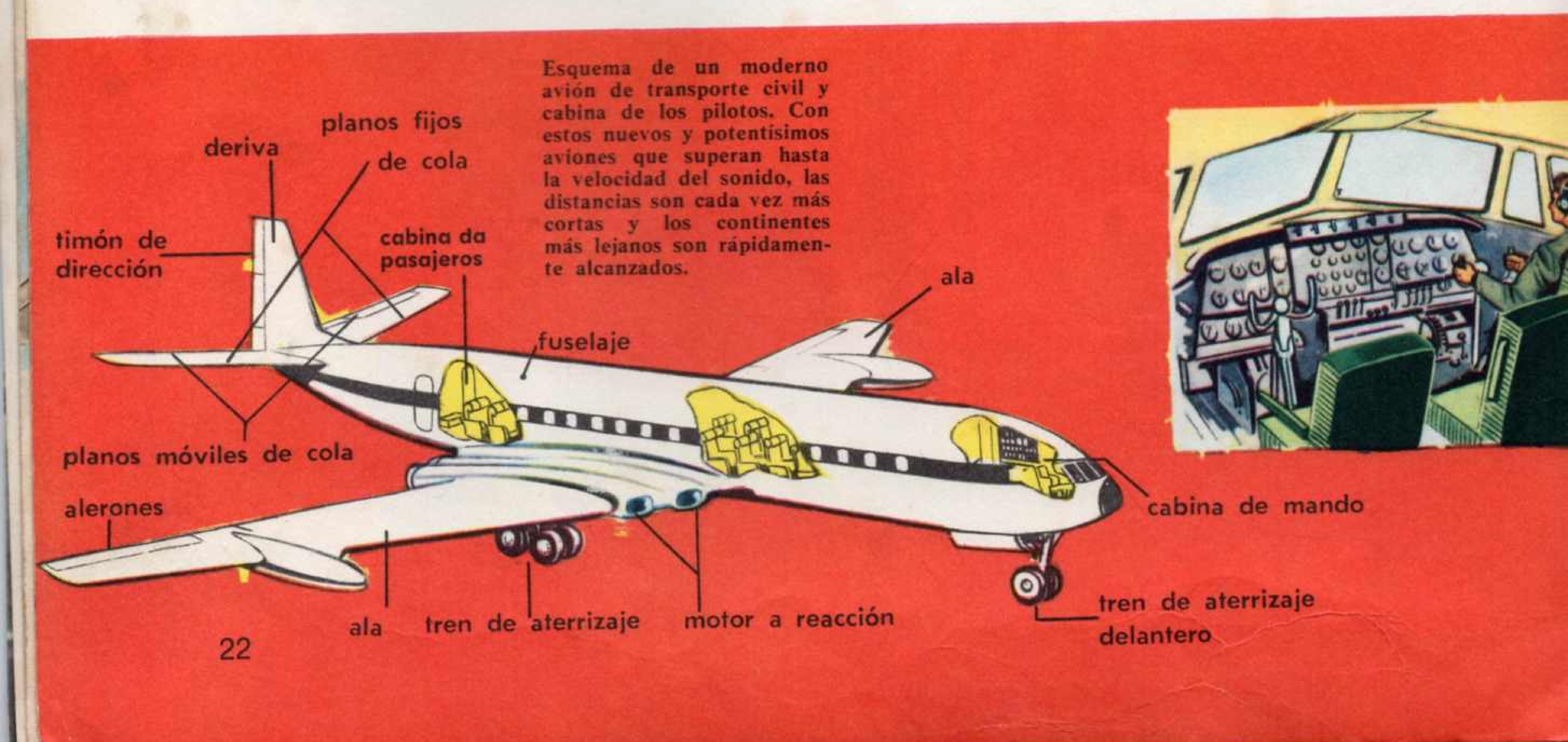
El autogiro (parte superior de la ilustración), no usado en la actualidad, es el precursor del helicóptero (en el centro), y fue inventado por el ingeniero español Juan de la Cierva. Algunas naves norteamericanas de desembarco van dotadas de helicópteros individuales desmontables y fáciles de transportar (abajo).



A la derecha podemos ver un avión de 1940 con su complicadísimo motor a pistones de tipo estrellado, y abajo, la hélice como el propulsor aéreo más sencillo. En este esquema vemos cómo las palas de la hélice se hunden en el aire arrastrando al aeroplano.

pruebas y el gobierno francés, que parecía interesado en su construcción, negó su ayuda financiera al inventor. Hoy el "Pipistrelo" puede admirarse en el museo de Artes y Oficios de París. Seis años más tarde, el estadounidense Sam Langley intentó lanzar su aeroplano, provisto de motor, desde un pontón sobre el río Potomac. Pero sus dos tentativas fracasaron, entre el 7 y el 8 de diciembre de 1903. Parecía que los hombres no conseguirían volar nunca. Pero al mismo tiempo, en Norteamérica, los hermanos Orville y Wilbur Wright daban los últimos toques a un aparato de dos alas superpuestas, con motor de bencina que movía dos hélices. El 17 de diciembre de 1903, nueve días después de la fracasada tentativa de Langley, el aparato estaba terminado. Se le lanzó sobre unos carriles construidos especialmente para que adquiriese velocidad y se elevase. . y se elevó, sosteniéndose en el espacio durante 12 segundos y obedeciendo dócilmente a la dirección de Orville, extendido a lo largo del ala inferior.

El aeroplano de los dos norteamericanos venció en la empresa porque se había construido con mayor cuidado que los anteriores; tenía las alas ligeramente curvadas (más adelante veremos qué importancia puede tener este detalle), el timón en la parte posterior, y en el morro un timón de profundidad que servía para estabilizar el aparato cuando comenzaba a inclinarse. Los Wright continuaron perfeccionando su aeroplano. Hicieron

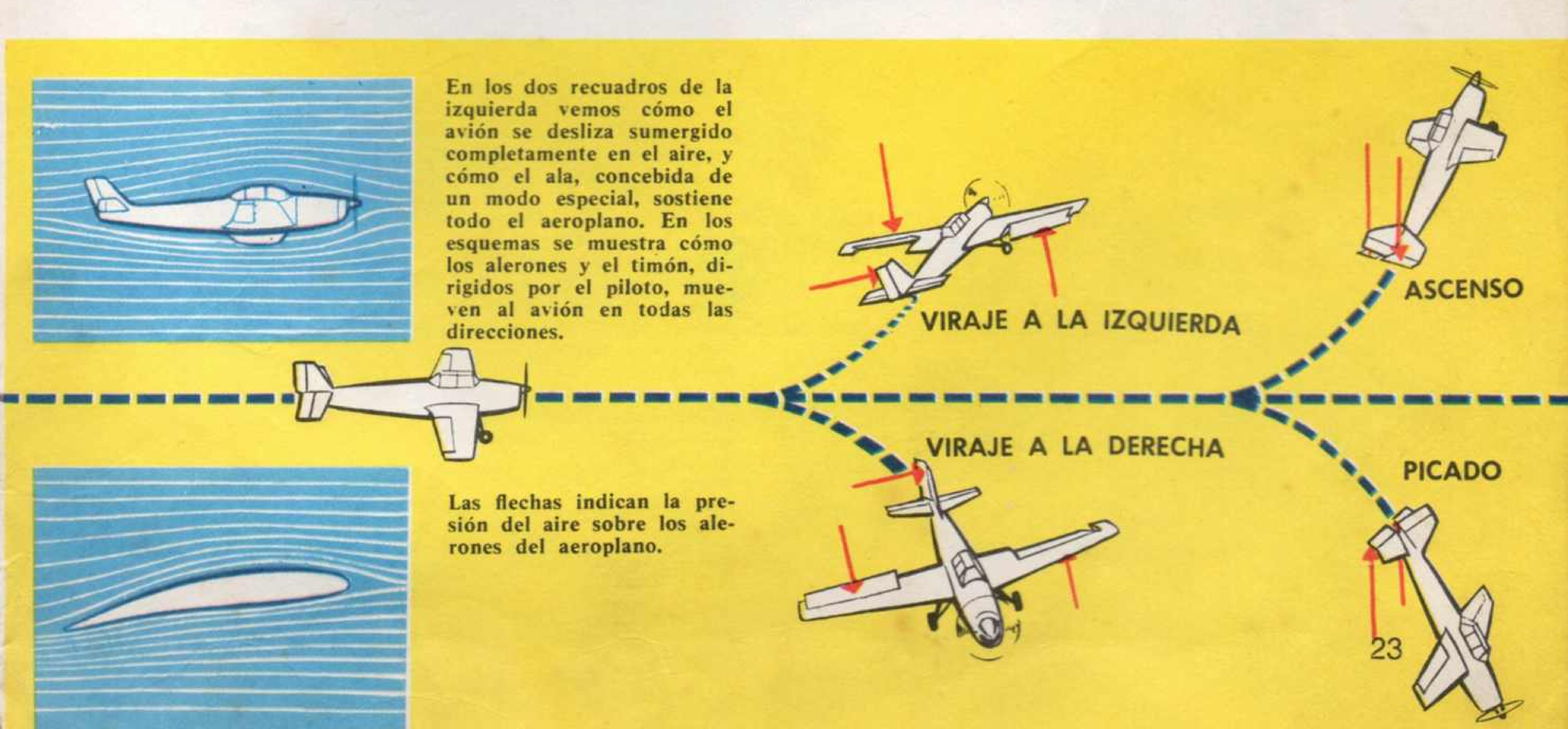


Esquema de un moderno avión de transporte civil y cabina de los pilotos. Con estos nuevos y potentísimos aviones que superan hasta la velocidad del sonido, las distancias son cada vez más cortas y los continentes más lejanos son rápidamente alcanzados.

La innovación más revolucionaria de la historia de la aviación ha consistido en la substitución del motor a pistones por el motor a reacción, con lo que se ha eliminado la hélice y el avión es propulsado por un empuje posterior, alcanzando grandes velocidades. En la ilustración: uno de los primeros aviones a reacción, y sección de un motor de este tipo.

móviles la extremidad de las alas, dirigiéndolas por medio del volante. De este modo imitaron las alas de las grandes aves voladoras y consiguieron que el aeroplano pudiese dar la vuelta y no volar siempre en línea recta. En 1905 este aparato recorrió la fabulosa distancia de 30 kms., en circuito cerrado, a 100 metros de altura.

En 1908, Leo Delagrange se exhibió en Turín pilotando un aparato construido en la fábrica de los hermanos Voisin, llevando un pasajero a bordo. En 1909, Louis Bleriot atravesó el canal de la Mancha en 27 minutos en un monoplano construido por él mismo. En 1910, Chávez voló por primera vez sobre los Alpes, pero se estrelló con su aparato en el momento de aterrizar en el campo de Domodossola. En 1926, los españoles Franco, Durán, Rada y Ruiz de Alda, a bordo del hidroavión "Plus Ultra", cruzaron el Atlántico Sur y, en 1927, el norteamericano Charles Lindbergh sobrevoló el Atlántico Norte en 33 horas y media. En 1933, el italiano Francesco Agello alcanzó una media de 709 kilómetros por hora. El aeroplano se había impuesto. No hace falta decir que en todos estos años se fueron perfeccionando los aparatos. En el de Bleriot, por ejemplo, se usó por primera vez el motor estrellado, es decir, con los cilindros en torno al árbol del motor, que era mucho más práctico; de las dos palas fijas de la hélice se llega a la hélice de numerosas palas móviles; se abandonan las alas biplanas de los hermanos Wright; la madera,



En los dos recuadros de la izquierda vemos cómo el avión se desliza sumergido completamente en el aire, y cómo el ala, concebida de un modo especial, sostiene todo el aeroplano. En los esquemas se muestra cómo los alerones y el timón, dirigidos por el piloto, mueven al avión en todas las direcciones.

Las flechas indican la presión del aire sobre los alerones del aeroplano.

la lona y la caña de bambú, que constituían el armazón y la envoltura de los primeros aparatos, fueron sustituidas por metales ligeros y aleaciones de aluminio. Sobre todo las alas fueron objeto de estudio y de modificaciones. Hoy las alas, que en aviones muy veloces tienen forma de flecha o de delta, son tan robustas que pueden soportar el peso de potentes motores y tan gruesas que en ellas caben depósitos de carburante, bombas contra incendios y espacio para el tren de aterrizaje. Pero eso no es todo: las alas de los aviones de hoy se alargan, se acortan, se vuelven hacia atrás, mueven sus puntas dirigidas desde el puesto de mando y, por eso, están atravesadas de numerosos mecanismos eléctricos.

Sin embargo, el progreso mayor obtenido en el campo de la aviación ha sido el del motor a reacción, que se ha empleado mucho durante la segunda guerra mundial. De él hablaremos luego. Veamos ahora por qué el aeroplano se sostiene en el aire. El aire es un fluido formado por numerosas moléculas



Los modernos aeropuertos, flanqueados de hangares, con sus altas torres de control, las estaciones de radio y meteorológicas y las de llegada y salida de los pasajeros, tienen la apariencia de fantásticas ciudades de un mundo nuevo.

Para el transporte de mercancías se han habilitado aviones con grandes aberturas anteriores y posteriores por las que pueden pasar grandes automóviles. Los aviones de turismo (abajo), muy pequeños y ligeros, tienen, generalmente, motores de dos o cuatro cilindros.



en continuo movimiento. El ala del avión, ligeramente convexa, como el ala de un pájaro, chocando con el aire produce un cambio de velocidad en sus moléculas. De otro modo: las moléculas del aire que chocan con el dorso del ala adquieren una velocidad mayor que las que chocan con la parte convexa, y como existe una ley física que se formula diciendo que "un fluido cuando aumenta en velocidad disminuye en presión", resulta que el aire que hay sobre el ala tiene una presión inferior a la del que se encuentra debajo de ella, con lo que se determina una presión de bajo a arriba capaz de sostener al aparato. Pero esta presión sólo la obtiene el aeroplano cuando adquiere determinada velocidad, velocidad que alcanza corriendo en la pista primero y, luego, moviéndose en el aire con medios propios. El aeroplano funciona del mismo modo que una cometa: la cometa se sostiene en el aire si éste choca con ella de tal modo que crea la presión necesaria. La única diferencia estriba en que la cometa la dirigimos nosotros desde el suelo con una cuerda, mientras que el avión está dirigido desde su interior por medio de los motores. El aeropuerto civil que vemos en la ilustración de esta página, nos da una idea de los edificios e instalaciones necesarios para dirigir, proveer y conservar los aparatos, el estacionamiento de los pasajeros y la carga y descarga de las mercancías. También son muy complejos los aeródromos militares.

Se puede decir que los primeros aviones de combate hicieron su aparición durante la primera guerra mundial, pero la aviación militar reveló toda su nefasta potencia durante la segunda, con los aviones de caza, los bombarderos y los cohetes alemanes V1 y V2. En esta época nació el motor a reacción. En 1939 los motores de los aviones habían adquirido ya su máxima perfección. Cualquier aumento de potencia significaba un gasto enorme y complicaciones infinitas. Se nece-

Los modernos aviones de la aviación civil pueden transportar más de 150 pasajeros en un solo viaje, y están dotados de todos los dispositivos necesarios para hacer agradables hasta los viajes más largos.

Al partir los aviones, antes de despegar recorren cientos de metros a lo largo de las espaciosas pistas de cemento de los aeródromos. Algunos de estos aviones son construidos para poder aterrizar o despegar con el viento de lado, sobre terrenos accidentados o sobre la nieve o el agua.

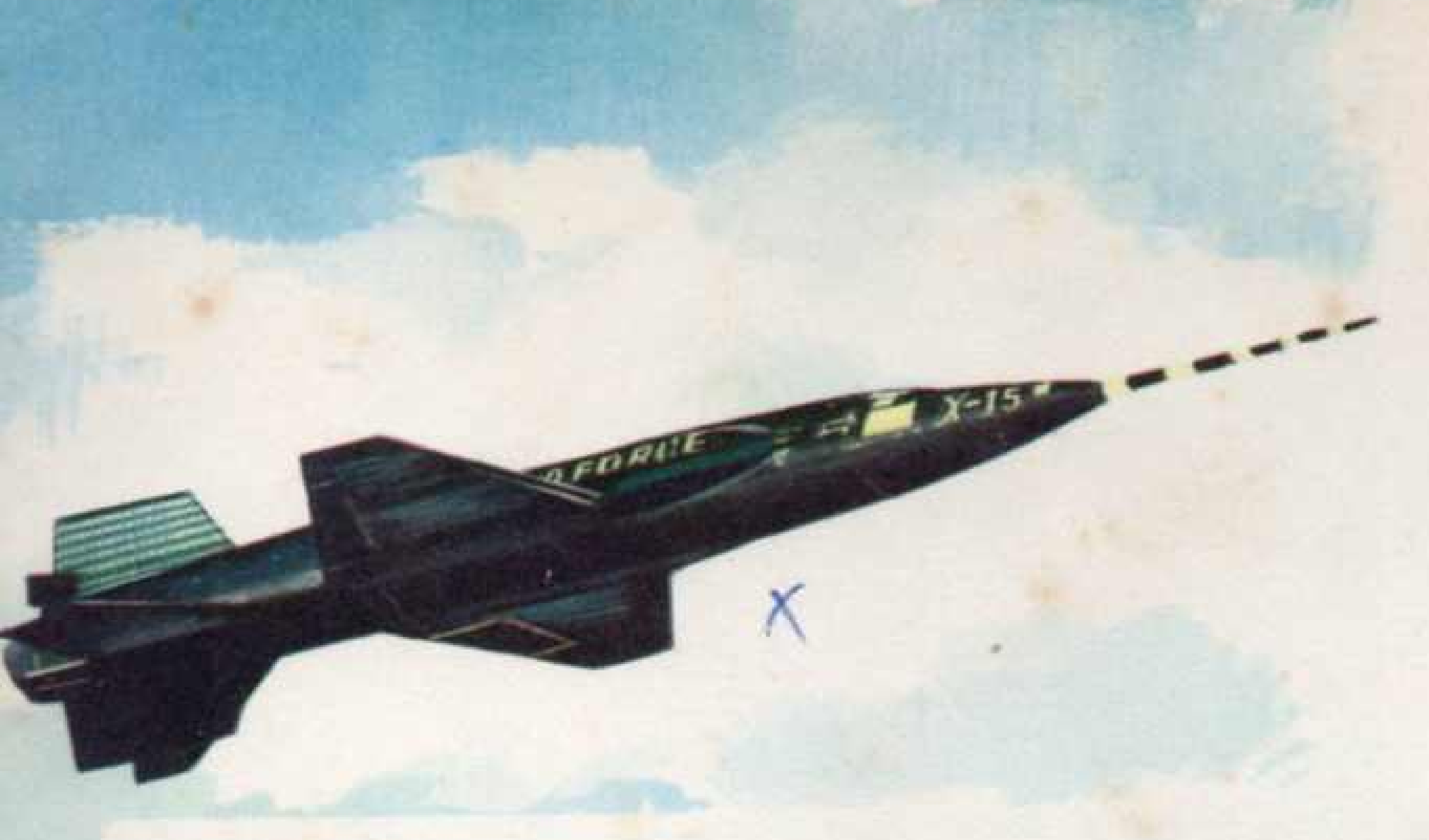


Avión experimental ultrasónico «X-15» (a la izquierda). Colocado bajo el ala de un plurirreactor (a la izquierda y el pequeño recuadro de la parte alta), que lo suelta a cierta velocidad, el «X-15» puede alcanzar la velocidad de 6.000 kms. por hora.

sitaba por lo tanto hallar una fórmula nueva para hacer progresar la aviación. Era preciso encontrar una substitución a la hélice que es, como se sabe, un órgano que con su movimiento crea un flujo de aire, cuya masa empujada hacia atrás hace avanzar a la nave. Ello hizo que se pensase en hacer mover al aparato del mismo modo que avanza una vejiga hinchada cuando se nos escapa de la mano antes de haberse cerrado. Por lo demás, ya en el siglo XVII, Newton, basándose en el principio de que a toda acción corresponde una reacción igual y contraria, había construido una caldera sobre un carro, que avanzaba por reacción a un chorro de vapor que ella lanzaba. Este es el principio fundamental del motor a reacción. En él, el gas, formado por la combustión interna, sale en

En los aparatos supersónicos, en caso de avería, el piloto puede ser catapultado por un sillón eyectable que se hace funcionar apretando un pulsador. Luego se abre el paracaídas del que va provisto el piloto.

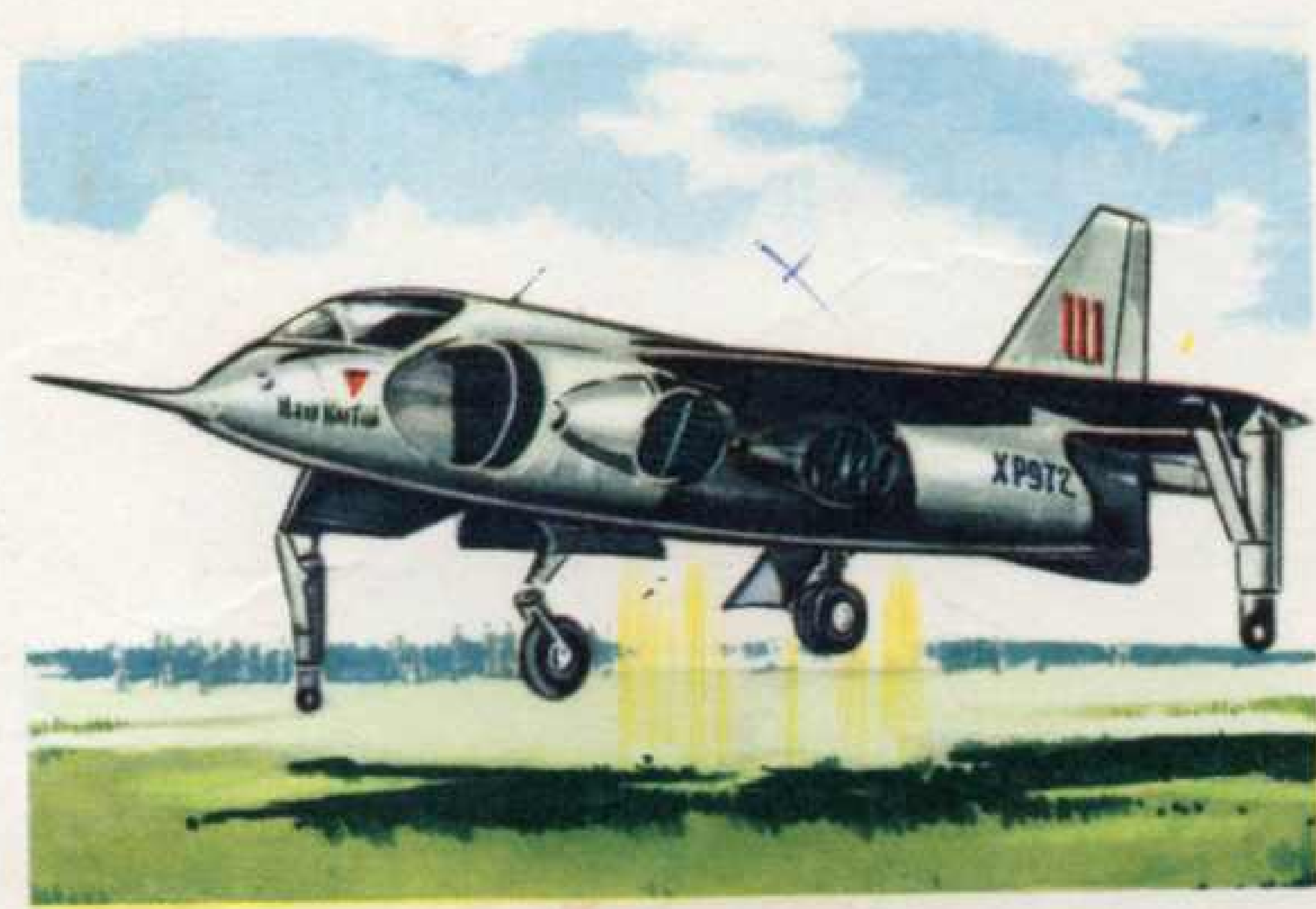
El lanzamiento con paracaídas se realiza por una abertura existente en el fuselaje del avión. El paracaídas se abre automáticamente o por medio de mandos. Sirve para lanzar personas y material, como vestidos, medicinas, víveres y automóviles.

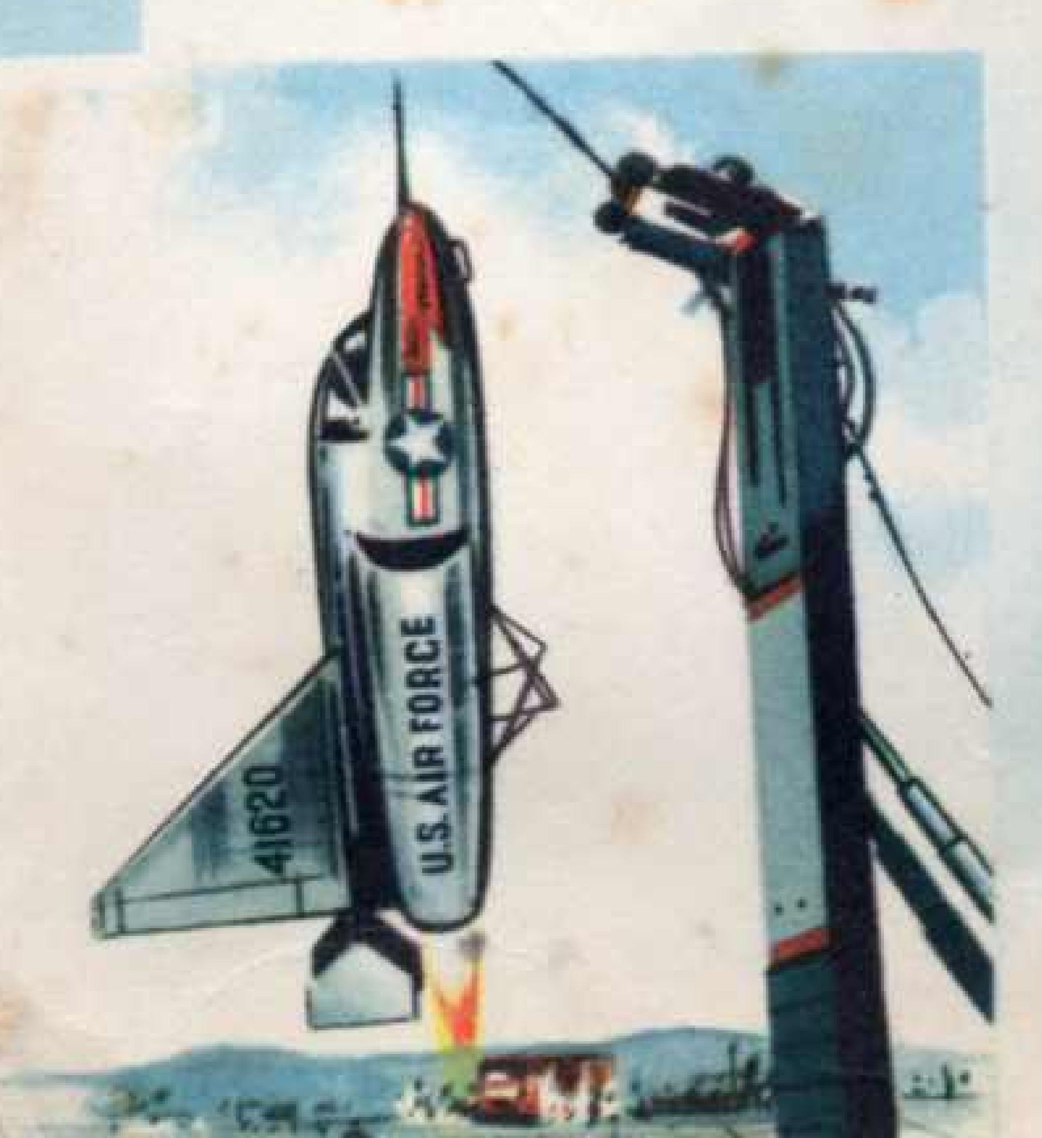


un chorro de altísima velocidad, creando con ello, por reacción, el impulso necesario para mover el aparato.

El motor a reacción está formado por un compresor, una cámara de combustión y una turbina. El aire que entra, procedente del exterior, es comprimido por el compresor que a su vez es movido por la turbina; luego se inflama junto con el keroseno (derivado del petróleo), en la cámara de combustión. El gas que se origina, en parte hace mover la turbina y en parte sale determinando el impulso de la reacción. Así nacieron los turborreactores que se elevan a 20.000 metros y vuelan a una velocidad de 3.000 kms., dos veces mayor que la del sonido. Hoy, potentes reactores de línea transportan a todas partes pasajeros y mercancías.

La aviación civil emplea potentes aparatos que llegan a alcanzar velocidades de 1.000 kms. por hora. ARRIBA: el birreactor francés «Caravelle», el cuadrirreactor norteamericano «Douglas DC8», el trirreactor «Boeing 727», y, ABAJO, un turbohélice ruso y el cuadrirreactor inglés «VC 10».





El avión que despega y aterriza verticalmente, del que arriba vemos uno de sus varios tipos, se eleva verticalmente sin correr, valiéndose de un torno especial, y luego pasa al vuelo horizontal. El primer avión norteamericano de despegue vertical fue el «X-13 Vertijet». (A IZQUIERDA).

INSTRUMENTOS SUBMARINOS



Desde los tiempos más antiguos se ha explorado el fondo del mar por razones bélicas o bien para pescar perlas y esponjas. Los buceadores descendían a las profundidas completamente desprovistos de aparatos respiratorios, aunque llegaban a grandes profundidades.

Exploraciones del fondo del mar

Siete décimas partes de la superficie de nuestro planeta están cubiertas por las aguas. Sin embargo, hace apenas un siglo que el hombre ha comenzado a conocer los secretos escondidos en los fondos del mar, gracias, sobre todo, a aparatos especiales de inmersión.

Durante el asedio de la ciudad de Tiro, en el año 332 a. de J. C., Alejandro Magno se valió de buzos para que quitasen los obstáculos que los asediados habían sumergido al pie de los muros con objeto de impedir que las naves enemigas se aproximasen. También los romanos tenían, formando parte de su marina, un cuerpo de buzos.

Para trabajar en mejores condiciones debajo del agua se construyeron, probablemente en la Edad Media, las llamadas campanas de buzo. Pero esta invención, aunque constituía un progreso, tenía sus inconvenientes: la campana debía ser subida a la superficie para cambiar el aire viciado por la respiración del hombre y no podía ser sumergida a grandes profundidades porque a medida que se descendía la presión era mayor, con lo que el agua entraba, haciendo menor el espacio ocupado por el aire. Además, sólo se podía actuar en el espacio ocupado por la campana.

Se intentó eliminar el primer inconveniente aplicando a la campana una bomba para cambiar el aire en su interior desde una barca. Pero ello no bastaba; se necesitaba encontrar un medio que diese al buzo mayor libertad de movimientos, con objeto de que pudiese moverse y andar por el fondo. Fue entonces cuando se pensó dotarle de un ves-

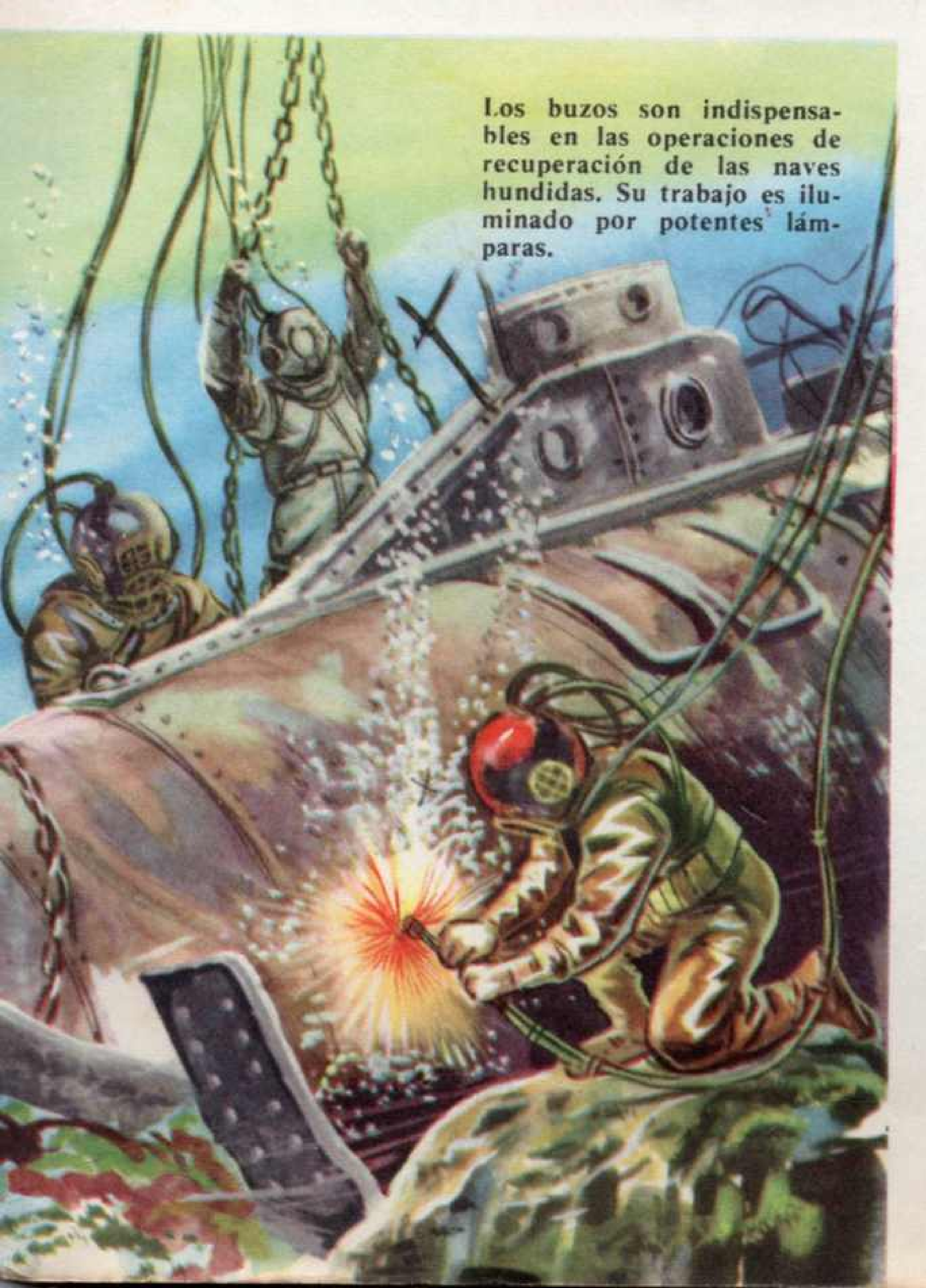


Aristóteles habla en sus escritos de una campana neumática, es decir, de un vaso en cuyo interior el hombre puede descender a las profundidades marinas (A IZQUIERDA).
Los primeros buzos recibían el aire exterior por medio de bombas y de tubos conectados con la escafandra, la cual, provista de ventanas, tenía una válvula para la salida del aire viciado (en el recuadro).

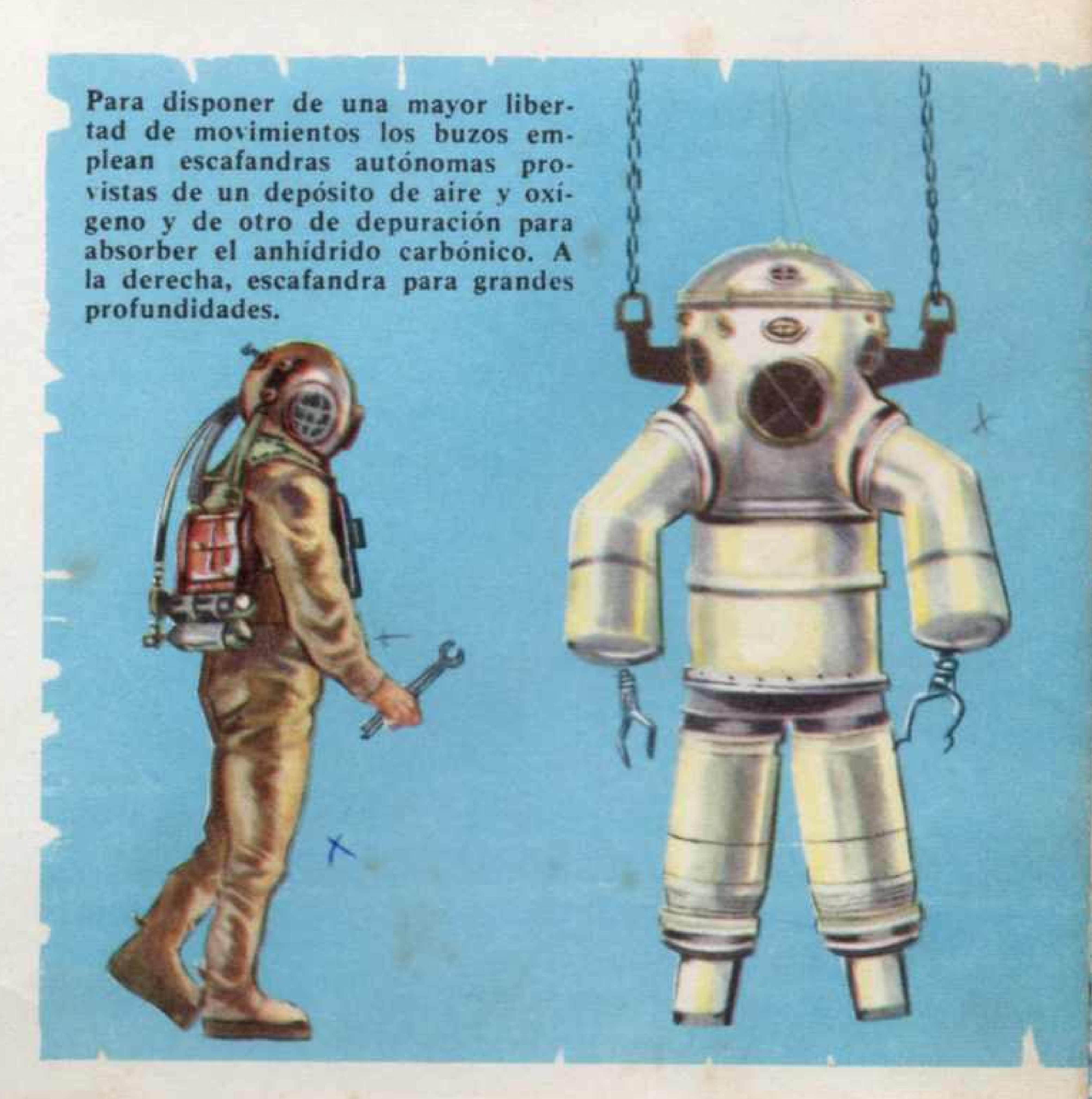
tido especial que lo protegiese de la presión del agua y de aparatos que le proporcionasen aire directamente del exterior. De este modo nació la escafandra. Esta palabra de origen griego quiere decir casco para un hombre, es decir, funda en la que está encerrado un hombre.

En 1830 una firma inglesa fabricó los primeros vestidos, completamente impermeables, y los primeros cascos de cobre con una abertura, protegida por gruesos vidrios, delante de los ojos. Ya los buzos podían descender ágilmente hasta diez metros y permanecer en el agua media hora; durante su inmersión recibían aire por un tubo de goma desde una barca. Hoy, las escafandras de este género, perfeccionadas y con teléfono en el interior del casco, permiten a los buzos descender a 40 metros de profundidad. Para profundidades mayores se usan escafandras rígidas, formadas por una serie de cilindros metálicos.

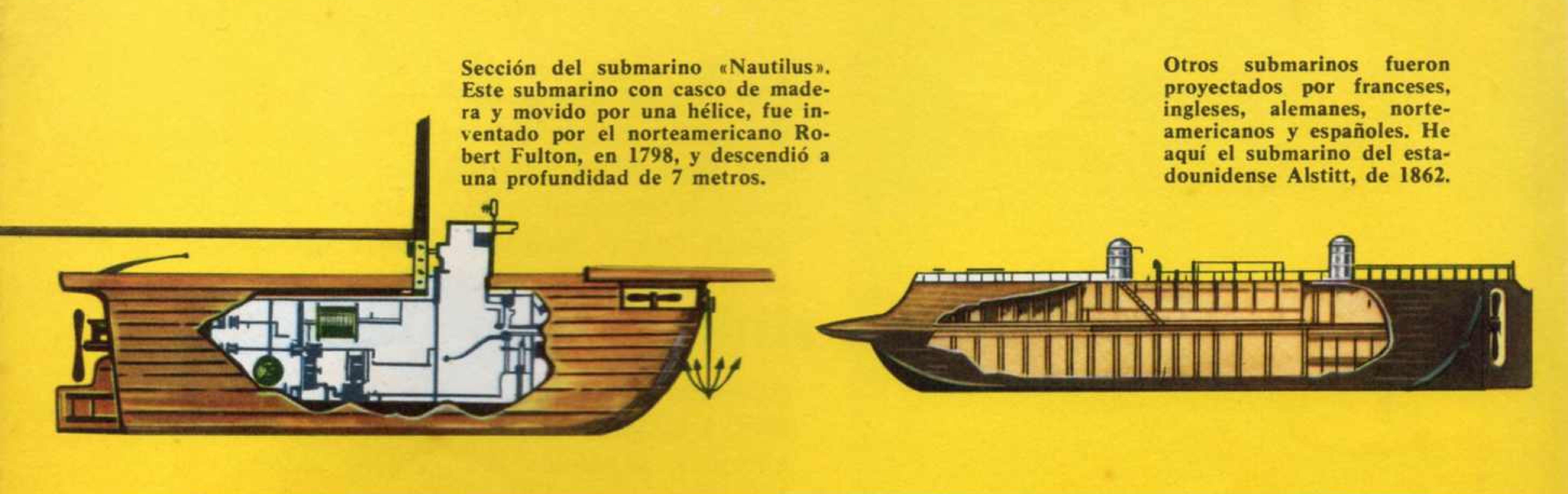
Al mismo tiempo se estaba estudiando la posibilidad de navegar por debajo del agua. Ya Leonardo de Vinci había estudiado este problema y ejecutado una serie de diseños,



Los buzos son indispensables en las operaciones de recuperación de las naves hundidas. Su trabajo es iluminado por potentes lámparas.



Para disponer de una mayor libertad de movimientos los buzos emplean escafandras autónomas provistas de un depósito de aire y oxígeno y de otro de depuración para absorber el anhídrido carbónico. A la derecha, escafandra para grandes profundidades.



Sección del submarino «Nautilus». Este submarino con casco de madera y movido por una hélice, fue inventado por el norteamericano Robert Fulton, en 1798, y descendió a una profundidad de 7 metros.

Otros submarinos fueron proyectados por franceses, ingleses, alemanes, norteamericanos y españoles. He aquí el submarino del estadounidense Alstitt, de 1862.

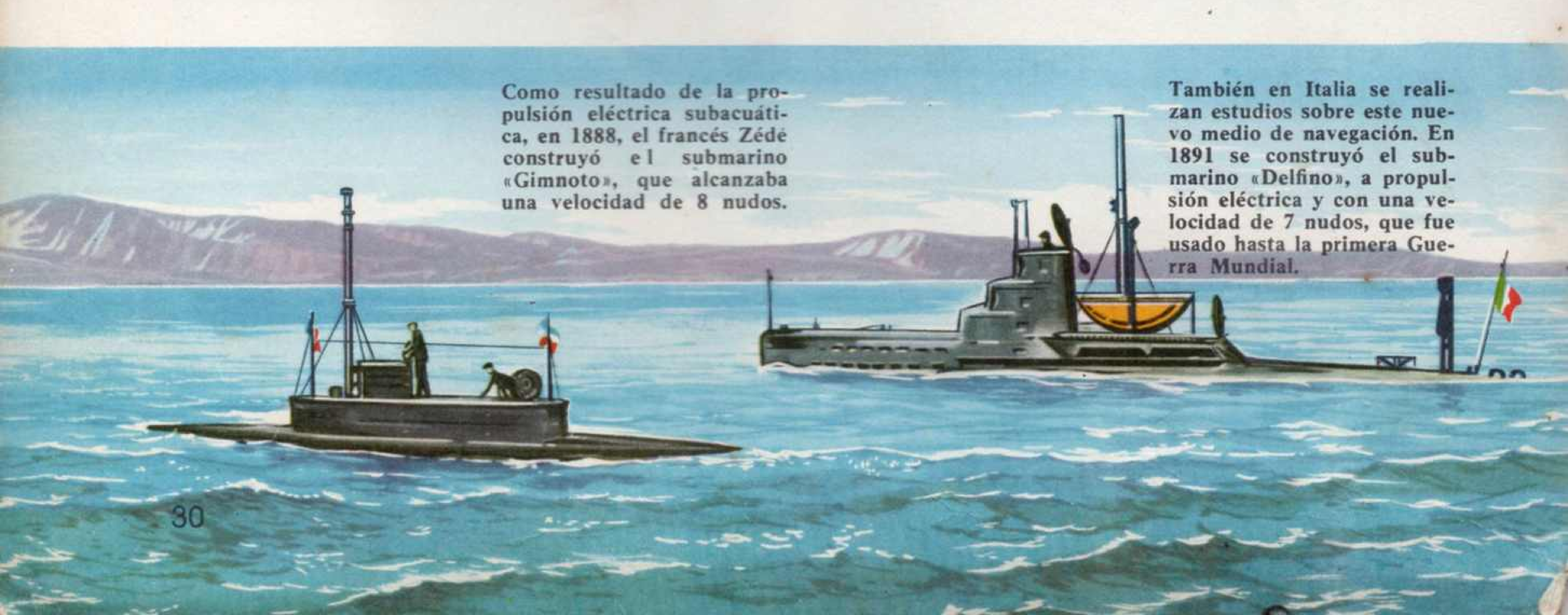
pero los primeros ensayos prácticos no tuvieron lugar hasta fines del siglo XVIII. Durante la guerra de Independencia de los Estados Unidos, David Buschnell concibió y construyó, en 1775, un barco submarino en forma de doble concha de tortuga; tenía un diámetro de dos metros, el casco era de madera y llevaba a bordo una sola persona. Esta nave, llamada "Turtle" (Tortuga), estaba movida por una hélice accionada a mano por su único ocupante. Y fue ella la que se aproximó, silenciosamente, al barco inglés "Eagle", e intentó aplicar a su casco una carga explosiva.

Unos años más tarde, en 1798, Robert Fulton, inventor norteamericano del que ya hemos hablado a propósito del barco a vapor, construyó en Francia un submarino del tipo "Turtle", pero mucho más grande: el "Nautilus", de forma cilíndrica y provisto de una pequeña torre; podía albergar ocho personas. Su propulsión se realizaba por una hélice de popa movida a brazo por la tripulación. El "Nautilus", que era una verdadera joya de la técnica de su tiempo, no fue tomado en consideración por el gobierno francés ni por el británico.

Durante el siglo XIX se intensificaron los estudios sobre la navegación submarina. En 1863 fue botado en Francia el "Plongeur", primer gran submarino de hierro, de cerca de 43 metros de largo. Su hélice ya no era movida por fuerza muscular, sino por un motor de aire comprimido de 80 HP.

Una mención especial merecen en este capítulo los inventores españoles Narciso Monturiol e Isaac Peral. El primero concibió y construyó el "Ictíneo", que fue botado en Barcelona, en 1864 (el 26 de junio). Poseía doble casco, llevaba un depósito de hidrógeno y otro de oxígeno y seis hombres de tripulación. Su desplazamiento se hacía por la fuerza muscular de sus seis tripulantes, llevaba instrumentos para la pesca del coral y sufrió con éxito hasta 54 pruebas, algunas con una duración de seis horas.

Monturiol botó un nuevo submarino, el "Segundo Ictíneo" (2 de octubre de 1864),



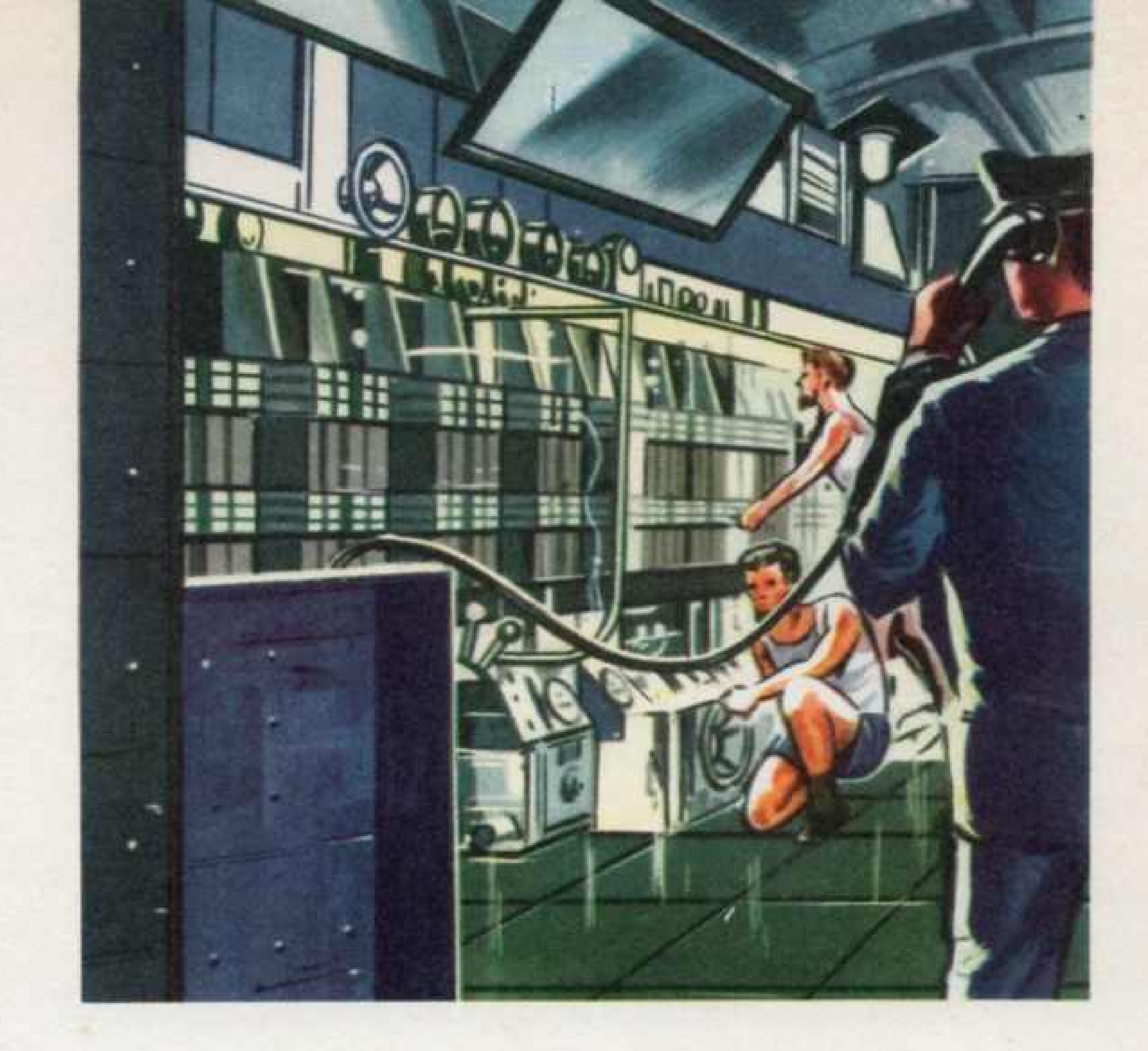
Como resultado de la propulsión eléctrica subacuática, en 1888, el francés Zédé construyó el submarino «Gimnoto», que alcanzaba una velocidad de 8 nudos.

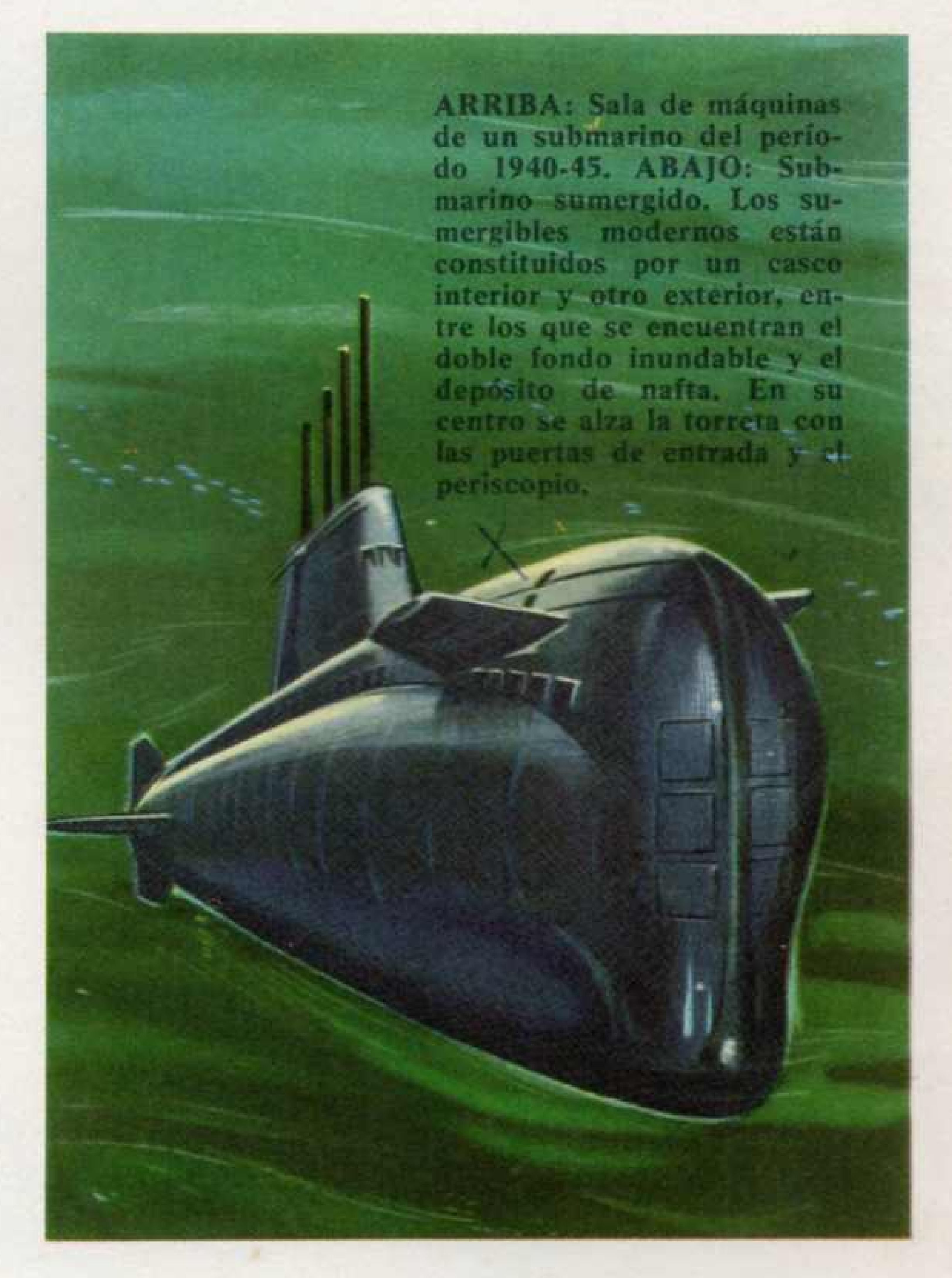
También en Italia se realizan estudios sobre este nuevo medio de navegación. En 1891 se construyó el submarino «Delfino», a propulsión eléctrica y con una velocidad de 7 nudos, que fue usado hasta la primera Guerra Mundial.

con 300.000 pesetas obtenidas por subscripción popular; medía 14 metros de eslora y 2 de manga, tenía cuatro compartimentos estancos que podían vaciarse a voluntad, pesaba 46 toneladas y era accionado para su inmersión por una máquina de vapor que funcionaba por reacción química. Acosado por sus acreedores, Monturiol tuvo que entregar su segundo submarino para el desguace.

Isaac Peral, investigando el medio adecuado para el lanzamiento de un torpedo de reciente invención llegó a inventar el submarino de su nombre. Fue construido en el arsenal de la Carraca (Cádiz), y botado en 1888. Superó todas las pruebas realizadas en 1888-89, permaneciendo debajo del agua más de una hora y recorriendo 4 millas a 10 metros de profundidad, al tiempo que realizaba, sin ser visto, un simulacro de ataque a un buque de guerra, resistiendo los embates de una fuerte marejada. Abandonado por el gobierno español, Peral murió en Alemania.

En general, poco a poco, los ingenieros e inventores iban afrontando y resolviendo los problemas que entrañaba la construcción de submarinos y que se relacionaban, sobre todo, al casco, a los motores, a la visibilidad y a las armas, porque el submarino se había concebido, más que nada, como nave de guerra. Por ello se les dotó de doble casco: uno, interior y fuerte, para la navegación en profundidad, y otro, exterior y ligero, para la navegación en superficie. Pero el problema más difícil de resolver era el del motor Porque si el submarino debe permanecer mucho tiempo bajo el agua, debe tener un sistema de propulsión que no consuma su limitada provisión de




ARRIBA: Sala de máquinas de un submarino del período 1940-45. ABAJO: Submarino sumergido. Los sumergibles modernos están constituidos por un casco interior y otro exterior, entre los que se encuentran el doble fondo inundable y el depósito de nafta. En su centro se alza la torreta con las puertas de entrada y el periscopio.



El sumergible inglés «Thames», que puede recorrer grandes distancias, fue construido en 1932.

Un «U-boot» alemán de la clase 740 toneladas. En la segunda Guerra Mundial, la flota submarina germana fue la primera del mundo.


La inmersión del submarino se realiza mediante la inundación de agua del doble fondo y la acción de dos pares de timones horizontales que actúan paralelamente y en sentido contrario. Para emerger, el agua es expulsada con bombas, aire comprimido u otros medios.

Dos medios empleados para el salvamento de la tripulación de un submarino: el aparato «Davis», formado por una bolsa que contiene los instrumentos necesarios para reaprovisionar y regenerar el aire (a izquierda, en el recuadro), y un tipo de ascensor submarino.

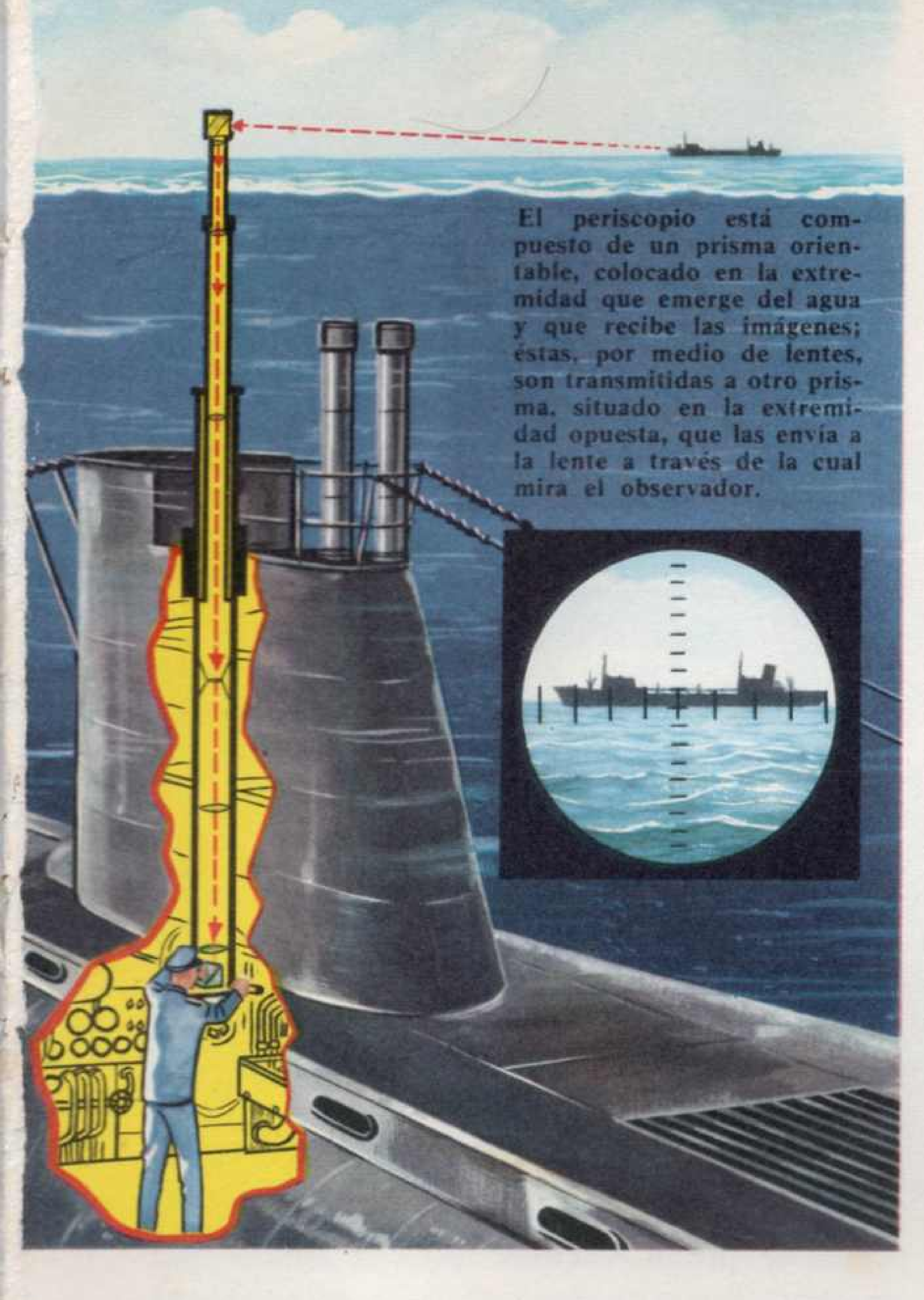
aire. Se rechazaron los motores a vapor, porque el fuego consume el oxígeno. La fuerza de propulsión ideal era la electricidad, y por ello, la construcción de sumergibles realizó un importante progreso cuando se comenzaron a utilizar las baterías y se perfeccionaron los acumuladores. Los primeros submarinos que se movieron por medio de motores eléctricos, fueron el francés "Gymnote", construido en Tolón en 1888, y el italiano "Delfino", construido en La Spezia en 1891. Pero este submarino tenía un corto radio de acción. Por ello se tuvo que adoptar el principio del doble motor, propugnado años antes por el norteamericano Alstitt. Alstitt había sostenido en 1862 que el submarino debía tener dos motores: uno a vapor para navegar en la superficie y otro eléctrico para la navegación debajo del agua. En 1899, los norteamericanos construyeron un submarino con doble motor, el "Holland", que llevaba el nombre de su constructor. De este modo la navegación en superficie era independiente de la submarina y, además, se evitaba la necesidad de repostar, porque el motor térmico no sólo propulsaba la nave, sino que, accionando la dinamo, producía la energía necesaria para los acumuladores.

Hoy los submarinos modernos llevan doble motor: Diesel para la superficie y eléctrico en inmersión.

Muchos submarinos llevan un tubo doble que, emergiendo en la superficie, permite la entrada de aire puro y la salida del gas de la combustión de los motores. De este modo los motores Diesel pueden funcionar permanentemente, la energía eléctrica es producida, y el submarino puede navegar sumergido durante semanas.

Ultimamente ha aparecido el sumergible atómico que, con un solo motor alimentado por energía nuclear, puede navegar tanto en superficie como debajo del agua.

La maniobra de inmersión de los submarinos es sencilla: se llenan con potentes bombas los dobles fondos y los compartimentos de equilibrio, hasta que la presión de flotación llega a cero, es decir, sea nula, se accionan los timones a popa y a proa, para dar esta-



El periscopio está compuesto de un prisma orientable, colocado en la extremidad que emerge del agua y que recibe las imágenes; éstas, por medio de lentes, son transmitidas a otro prisma, situado en la extremidad opuesta, que las envía a la lente a través de la cual mira el observador.

bilidad a la nave, y se la lleva a la profundidad deseada. Para hacerlo emerger se expele el agua.

El submarino ve por el periscopio (generalmente dos, uno para la navegación y el otro para el ataque), que sobresale al filo del agua desde la torreta central, y oye por medio de hidrófonos, sensibilísimos instrumentos acústicos, que recogen los ecos emitidos por los obstáculos.

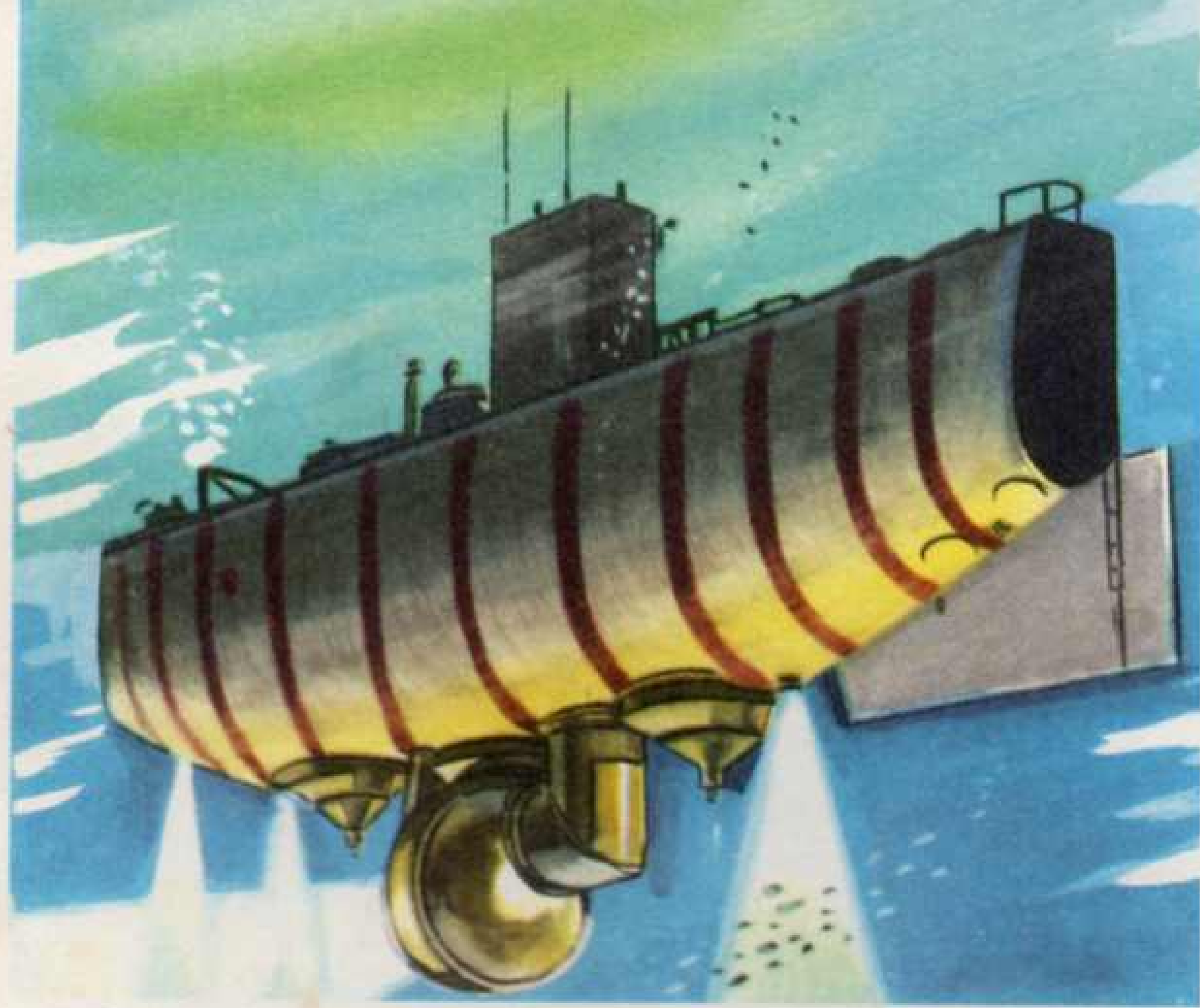
El periscopio se puede utilizar cuando el submarino se encuentra a 10 ó 12 metros de profundidad. En las profundidades mayores se recurre al hidrófono. El periscopio es un tubo de 2 a 14 metros de largo, que lleva en su parte superior un sistema de lentes casi igual al de los telescopios, uno a continuación del otro, pero en sentido inverso. Este sistema permite explorar el horizonte a la redonda. La palabra periscopio proviene de un verbo griego que quiere decir mirar alrededor. Sobre la lente del ocular se hallan grabadas escalas graduadas, horizontales y verticales, con las que se puede medir la distancia y el tamaño

El submarino atómico norteamericano «Skate», gemelo del «Nautilus», emerge en el polo Norte, después de su viaje bajo el casquete polar.



Para explorar el fondo del mar, el norteamericano William Beebe construyó una batisfera, globo de acero cerrado herméticamente y provisto de una claraboya de cristal y de un potente reflector. La batisfera se sumergía en el agua sujeta por un cable.

El científico suizo Piccard proyectó y construyó un batiscafo, el «Trieste», que descendió hasta 11.000 metros de profundidad.



En febrero de 1954, el comandante francés Houot alcanzó a lo largo de Dakar, con su batiscafo «F. N. R. S.—3», la profundidad de 4.000 metros.



de los objetos vistos. El submarino no puede descender a más de 300 metros, porque su casco no podría resistir la presión del agua. Por ello los científicos se sirven para sus observaciones subacuáticas de otros medios, como la batisfera y el batiscafo; ambos instrumentos de inmersión han sido proyectados por hombres de ciencia. La batisfera fue construida por el científico norteamericano William Beebe; es una esfera hueca de acero de un metro y medio de diámetro. Se hundía en el mar por medio de un potente cable de acero, y se defendía de los escualos por medio de descargas eléctricas. Estaba dotada de un amplio tragaluz.

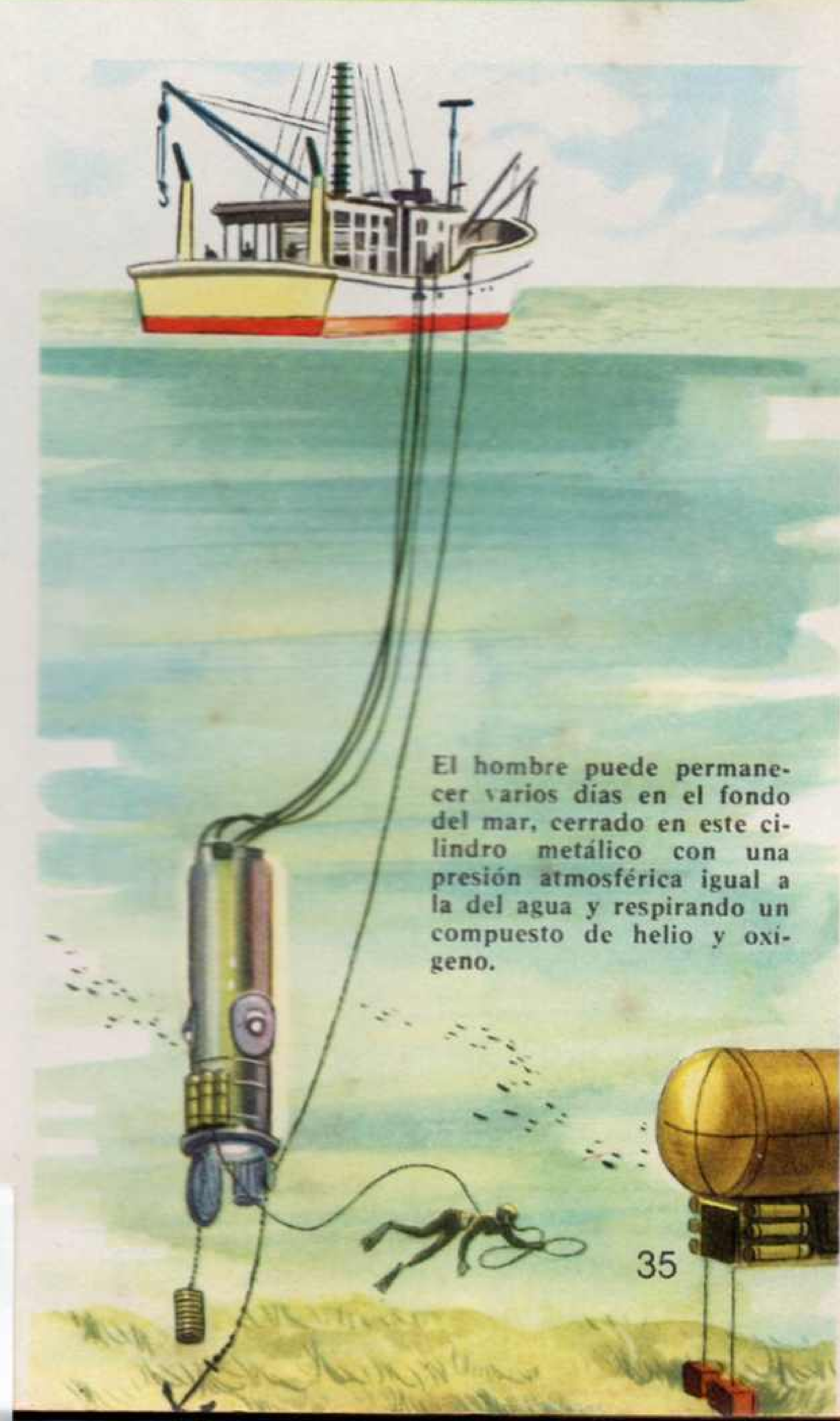
Con este aparato William Beebe y Otis Barton descendieron en 1932 a 500 metros de profundidad, y en 1934 a 908 en mar abierto a lo largo de las Bermudas, en el Atlántico. Pero la batisfera tenía un grave inconveniente: la imposibilidad de ascender a la superficie por medios propios, por lo que si se rompía el cable se corría el riesgo de quedar para siempre en el fondo. Además, hay que añadir que las oscilaciones impuestas por las corrientes al cable, repercutían en la cabina.

El científico suizo August Piccard concibió un vehículo submarino con medios propios para descender y ascender. Este sabio, precedentemente había construido un globo estratosférico, a bordo del cual subió, en 1931, a 16.000 metros de altura; seguramente por ello, para descender al fondo del mar, pensó en algo que funcionase como un globo; así nació el batiscafo. Notemos el gran parecido que hay entre estos dos: el globo está formado por una envoltura llena de gas más ligero que el aire, como el hidrógeno y el helio, y de una cabina para los tripulantes; y el batiscafo está formado por un cilindro flotante lleno de un líquido más ligero que el agua (bencina) y de la cabina. La envoltura de acero del batiscafo pesa 12 toneladas y las paredes tienen 15 centímetros de espesor para poder resistir la fuerte presión del agua. El globo para ascender lanza lastre, y deja salir gas para descender; el batiscafo lanza lastre para volver a la superficie, y deja salir la bencina para su-

Los cazadores submarinos emplean largos fusiles con arpones disparados por muelles, o por gas o cartuchos (más difíciles de manejar). También se dedican a la fotografía, para lo que utilizan aparatos especiales.

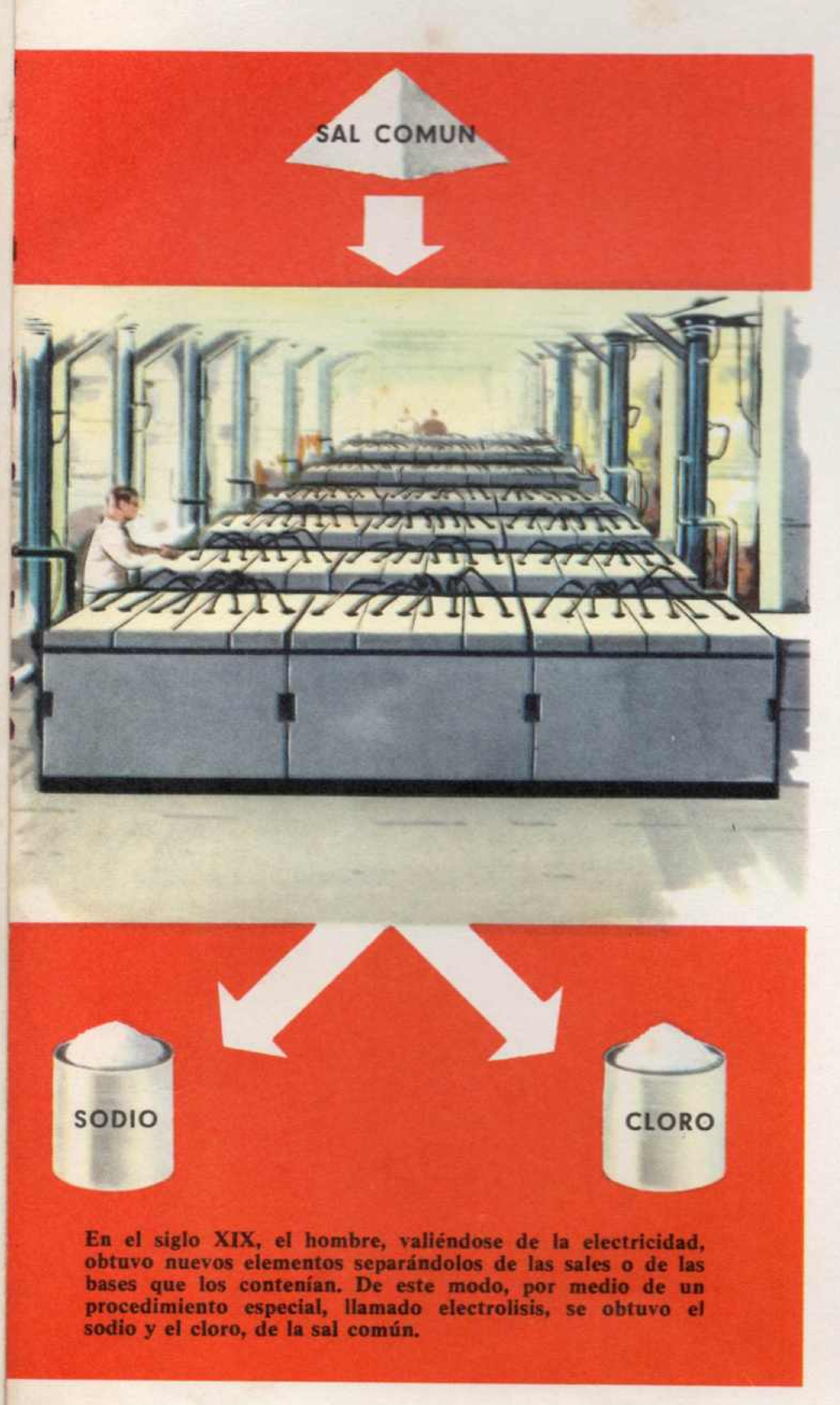
mergirse. En 1953, Piccard, junto con su hijo Jacques, descendió con el batiscafo "Trieste" (llamado así porque fue construido en los astilleros de Montefalcone) a 3.150 metros, en el golfo de Nápoles. Y en 1962, el batiscafo, adquirido por la marina de los Estados Unidos de Norteamérica, descendió en la fosa de las Marianas, a 11.520 metros, en el océano Pacífico. A bordo se encontraban Jacques Piccard y Don Walsh. Se tardó en descender tres horas.

Tanto el batiscafo como la batisfera no navegan, sólo descienden y ascienden. Por esta razón se han concebido otros vehículos submarinos para navegar a grande y media profundidad. Entre estos vehículos sobresale el "Mesoscafo", de Jacques Piccard, que ha sido construido de modo que pueda alcanzar 700 metros de profundidad y llevar pasajeros. Este fue experimentado en la Exposición de Lausana de 1964 en el lago Leman, donde descendió a 80 metros con cuarenta personas a bordo.



El hombre puede permanecer varios días en el fondo del mar, cerrado en este cilindro metálico con una presión atmosférica igual a la del agua y respirando un compuesto de helio y oxígeno.

LA MODERNA INDUSTRIA QUIMICA



En el siglo XIX, el hombre, valiéndose de la electricidad, obtuvo nuevos elementos separándolos de las sales o de las bases que los contenían. De este modo, por medio de un procedimiento especial, llamado electrolisis, se obtuvo el sodio y el cloro, de la sal común.

Descubrimientos de nuevas materias primas

Durante muchísimos años el hombre se sirvió únicamente de las materias primas (vegetales, animales y minerales) que la naturaleza le ofrecía y las empleó casi como se encontraban: en estado bruto. Pero con el tiempo se dio cuenta de que con el trabajo podía utilizarlas mejor y que podía transformarlas con el fuego. Con la ayuda de éste aprendió a extraer de los minerales el cobre, el hierro y el estaño. Comprendió que con la arcilla podía hacer vasos y otros objetos. Conoció el arte de tejer las fibras, de curtir las pieles y de fabricar el vidrio. También aprendió a destilar, es decir, a separar con el calor el alcohol del vino, a fabricar papel y a extraer aceite de algunas plantas para producir esencias. Llegó a hacer mucho, pero eso no era nada en comparación con lo que hubiese hecho si hubiese poseído la electricidad y la química.

Con la electricidad hubiese tenido la posibilidad de descubrir otras materias primas naturales; con la química hubiese podido inventar materias primas artificiales, como las materias plásticas.

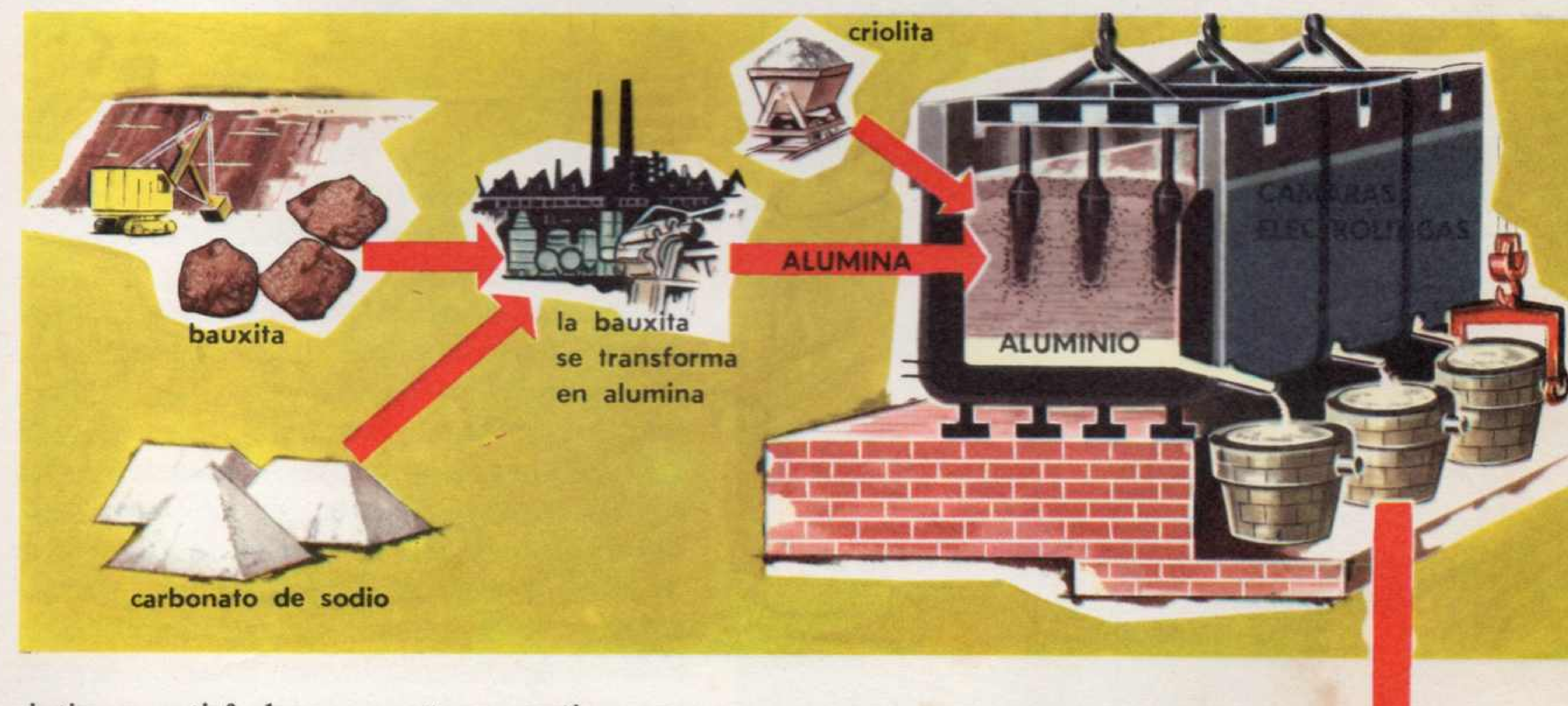
La electricidad, como ya hemos dicho, no sólo se puede producir por medio de una reacción química (como sucede en las pilas y en las baterías), sino que, a su vez, ella puede producir estas reacciones y separar los elementos de un cuerpo, como hicieron los químicos ingleses Nicholson y Carlisle, que descompusieron el agua en los dos gases que la componen: el oxígeno y el hidrógeno. El procedimiento empleado para obtener por

medio de la electricidad la descomposición química de un cuerpo sé llama electrólisis. En 1807, el químico inglés Humphry Davy (el mismo que inventó la lámpara de seguridad de los mineros), descubrió, por medio de la electrólisis, seis nuevos metales, entre los que se encontraban el sodio, el calcio y el manganeso. Estos metales se encontraban en la naturaleza pero junto con otros minerales; nadie los había visto en estado puro. En su trabajo, Davy tomó sal común, que es un compuesto de cloro y de sodio (cloruro sódico, y liberó tanto el cloro como el sodio. Por primera vez se vio el cloro como un gas amarillento, y el sodio como un metal blanco, argentado y muy blando. De este modo el sodio y el cloro se comenzaron a obtener en los laboratorios. Pero los químicos no se sintieron satisfechos con esto y continuaron trabajando para unirlos a otras substancias y obtener productos útiles a la industria. El sodio sirvió para producir la sosa, usada en la fabricación del vidrio, del jabón, de las fibras artificiales y de los colorantes; el sodio es la base para la fabricación de los insecticidas. Como resultado de ello surgieron, más tarde, importantes establecimientos químicos para la producción en gran escala de estos productos por medio de los métodos experimentados en los laboratorios. Cuanto hemos dicho del cloro y del sodio se puede decir del calcio, del manganeso y de cualquier otra substancia estudiada en los laboratorios de química.

Por la electrolisis se puede obtener el calcio del cloruro de calcio añadiéndole fluoruro. Sirve un recipiente de grafito enfriado con agua. Los electrodos positivos están representados por dos barras de grafito, y el negativo es de hierro.

+
−
+
grafito
cloruro de cal fundido
agua
fría
CAPA DE AGUA

En 1827, el químico alemán Wöhler consiguió aislar en su laboratorio un nuevo metal muy ligero, el aluminio. Pero sólo fue po-



La bauxita triturada y desecada, es tratada con sosa cáustica caliente para obtener el aluminio. Fundida y mezclada con criolita, se introduce en cámaras electrolíticas revestidas en su interior de briquetas de carbón (cátodo) y con unas varillas, de carbón también (ánodos). En el fondo de la cámara se deposita el aluminio puro que se vierte en unos moldes especiales y luego es de nuevo fundido en hornos eléctricos, donde se desprende del gas y de los residuos, pasando a las lingoteras.

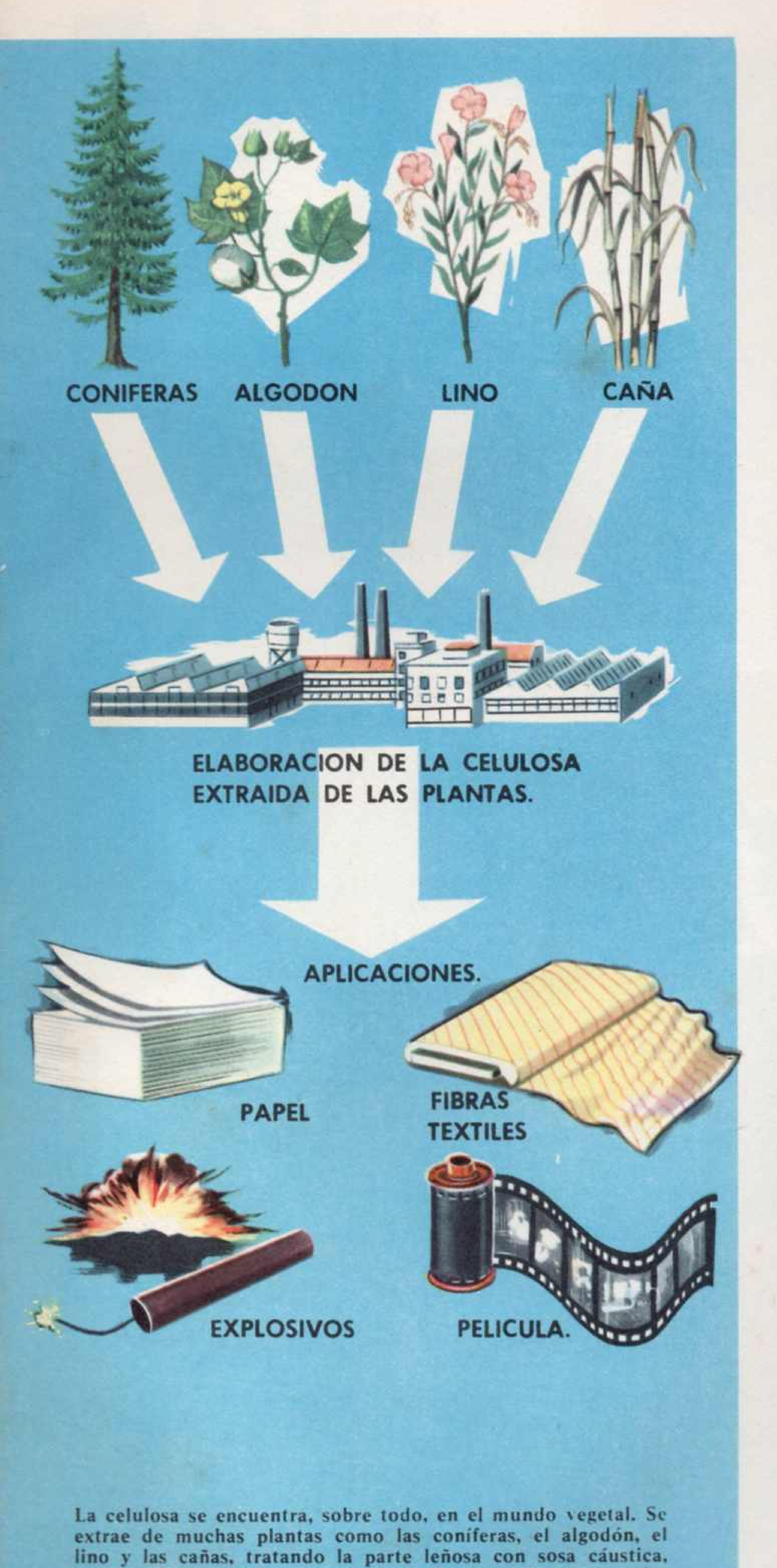


sible producirlo en grandes cantidades cuando, en 1886, el norteamericano Charles Hall y el francés Héroult consiguieron separarlo mediante electrólisis de la bauxita. Si nos damos cuenta que el aluminio es el metal más importante de la Tierra, comprenderemos qué preciosa materia prima vino a añadirse a las ya conocidas. Todo el mundo conoce el aluminio de las cacerolas, pero quizás no se sepa que este metal tiene numerosas propiedades: es ligero, resistente; es inalterable al contacto con el aire y con el agua (el aire húmedo hace que se vele de una capa de óxido que lo protege como un vestido), y en aleación con otros metales (duraluminio) adquiere una resistencia tan fuerte como la del acero. Por lo tanto, no nos debe sorprender que se haya empleado mucho en la construcción de todo tipo de vehículos, barcos, vagones de ferrocarril, aviones, bicicletas, etc. y que vaya substituyendo al cobre en los aparatos eléctricos. En Norteamérica el aluminio es tan estimado que se ha empleado con éxito en la construcción de un puente, de un rascacielos y del casco del submarino abisal: el "Aluminaut".

Pero dejemos los metales y ocupémonos de otra materia prima que se ha empleado extensamente en los últimos 75 años: la celulosa, que, como indica su nombre, es la substancia componente de las paredes de las células de las plantas (hojas, tallo y madera). De ella se obtienen, por medio de ciertos procedimientos químicos, fibras textiles artificiales. Las fibras animales y vegetales como la seda, el algodón, el cáñamo, la lana y el yute, son transformadas en tejidos. Pero estas materias primas no han sido distribuidas por la naturaleza de un modo uniforme sobre la Tierra, y a menudo es necesario transportarlas a los lugares donde deben ser elaboradas; además se deben someter a transformaciones largas y costosas.

Por eso se ha pensado en fabricar artificialmente materias primas que den fibras textiles iguales, si no superiores, a las naturales.

Quien primero obtuvo una fibra artificial



La celulosa se encuentra, sobre todo, en el mundo vegetal. Se extrae de muchas plantas como las coníferas, el algodón, el lino y las cañas, tratando la parte leñosa con sosa cáustica, con bisulfito de calcio o con cloro, al objeto de eliminar las substancias extrañas. La celulosa se emplea para la fabricación de papel, explosivos, películas y fibras textiles.

AIRE
AGUA
CARBON
oxígeno
ázoe
hidrógeno
benzol
amoníaco
cicloexano
fenol
ácido nítrico
esametil-endiamina
ácido adípico
SAL de NYLON
MASA PASTOSA COMPRIMIDA
TOBERA
HILOS DE NYLON
tobera
baño coagulante
DEVANADO EN BOBINAS

Los tres componentes fundamentales del nylon son el aire, el agua y el carbón. Estos componentes sometidos a varios procesos químicos forman las sales del nylon que, mediante la polimerización, da lugar a una substancia pastosa y fluida. Dicha pasta se hace pasar a través de toberas metálicas de las que sale en hilos que, sumergidos en un líquido coagulante, se solidifican, y, luego, estirados y torcidos, se devanan.

de este tipo fue el francés Hilaire de Chardonnet, que en 1884 conseguía la seda artificial sacándola de la celulosa del moral.

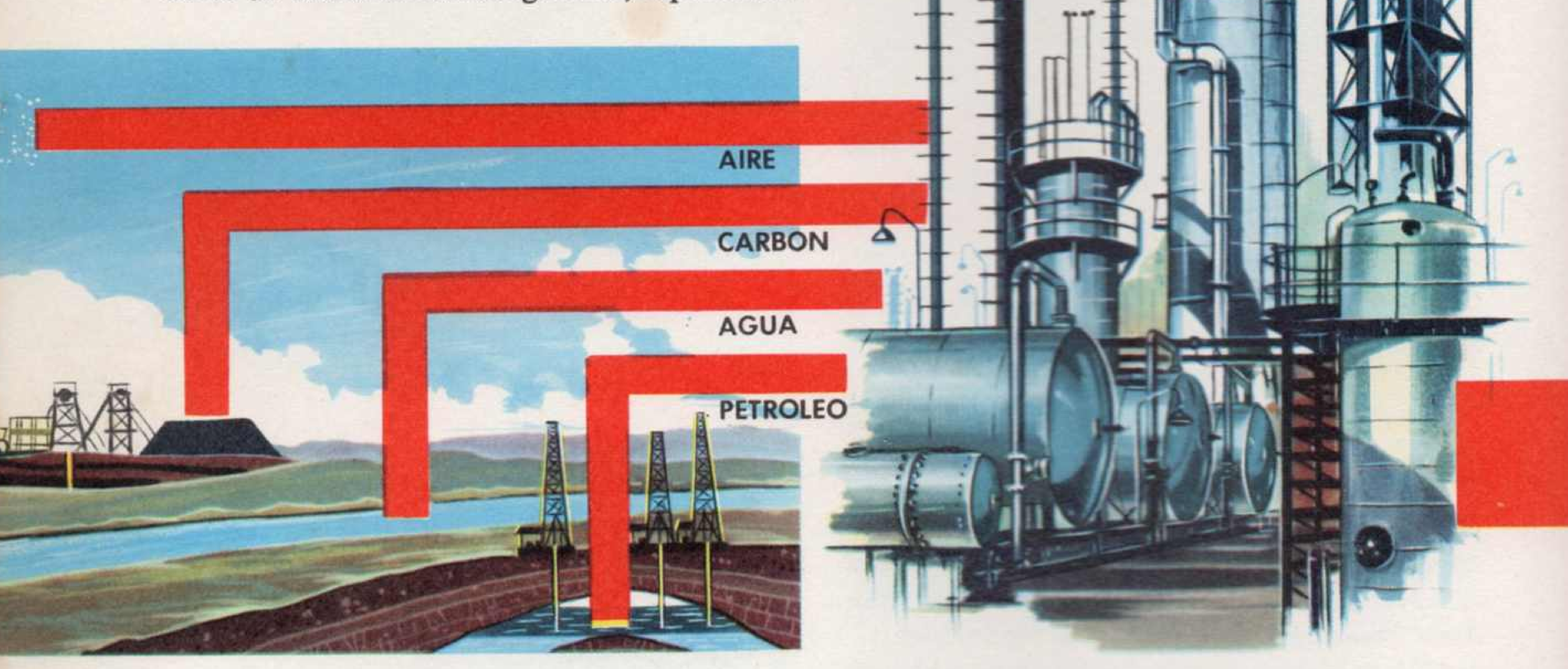
En realidad el gusano de seda no hace más que transformar la morera, es decir, la hoja de este árbol que come, en seda, mediante transformaciones químicas que tienen lugar en sus glándulas internas llamadas serígenas.

Chardonnet, partiendo de este principio, maceró y redujo a pasta hojas y briznas de moral y, tratándolos químicamente, obtuvo algunos hilos de seda. Sin embargo, hoy el sistema de Chardonnet ha sido abandonado y la seda artificial, que se llama rayón (porque es bella y luminosa como un rayo de Sol —rayón en francés quiere decir rayo—), se obtiene en casi todo el mundo por el sistema de la viscosa. Las plantas —no sólo la morera, sino también las cañas que crecen a lo largo de los ríos e incluso la paja— son maceradas, reducidas a pasta y transformadas en hojas parecidas al papel secante. Estas hojas, tratadas con sosa y otros ingredientes,



Los hilados de nylon tienen numerosas aplicaciones. Con esta fibra de gran resistencia se fabrican artículos de camisería, tapizados, géneros de punto, etc.

quedan reducidas a un líquido anaranjado, denso y viscoso. La viscosa se hace pasar por toberas de orificios muy finos, instrumento fundamental para reducir a hilos tanto la fibra artificial como la sintética, de la que hablaremos muy pronto. La tobera es de acero inoxidable y sus orificios son finísimos. Por ellos se hace pasar la masa pastosa. La pasta sale en forma de hilos que, sumergiéndolos en una solución coagulante, rápidamen-



El aire, el carbón, el agua y el petróleo, mediante transformaciones químicas dan lugar a materias plásticas como las resinas sintéticas melamínicas, fenólicas, ureicas, los polibutilenos, las gomas sintéticas, los poliestirilos, el propileno, las resinas metacrílicas, el poliester, el politileno, las resinas polivinílicas, poliacrílicas, los policlorovinilos, el acetato de polivinilo y las resinas acrilonitrílicas.

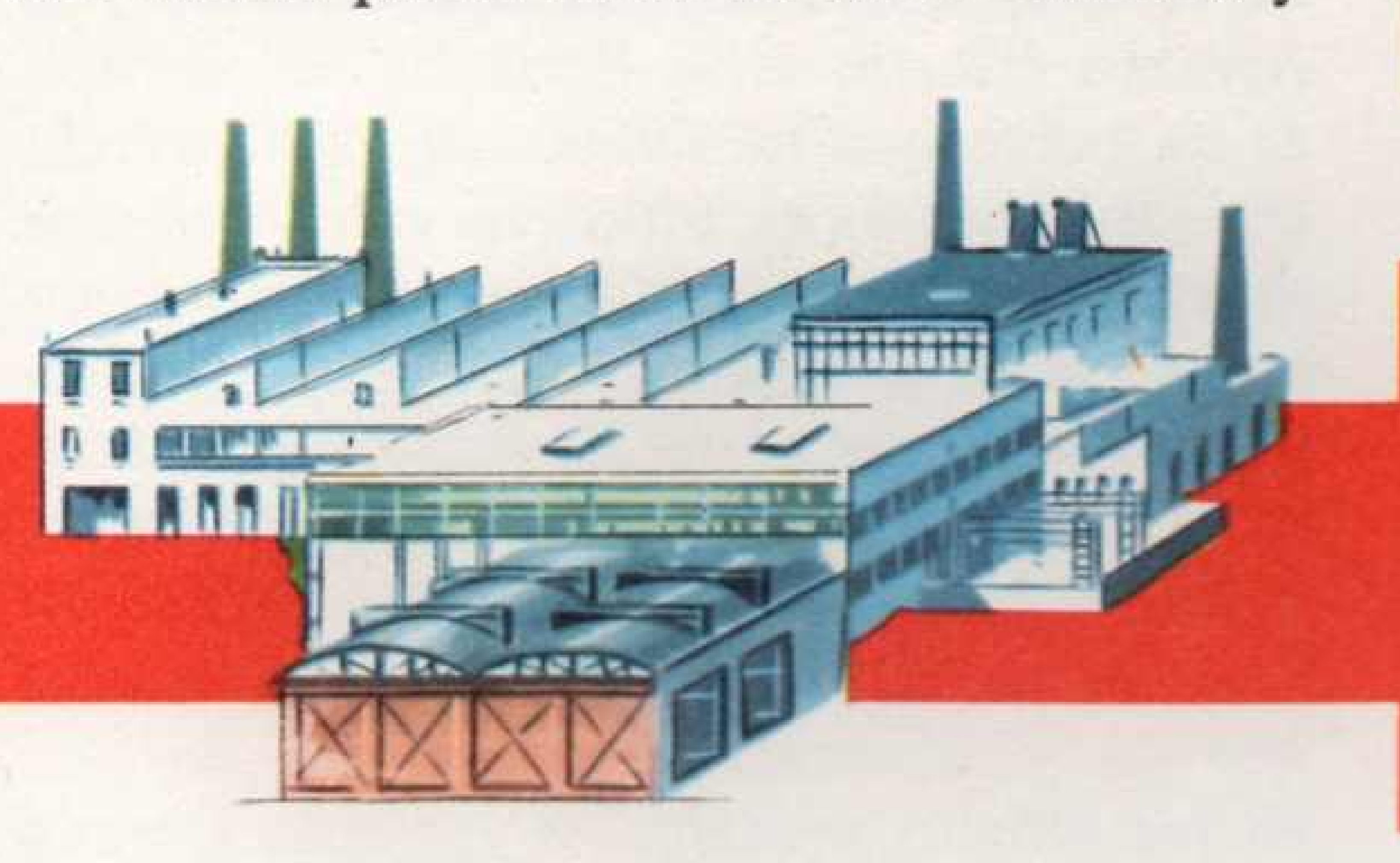
te se solidifican y son embobinados. Luego se procede al pulido y blanqueado. La producción de rayón supera en el mundo a la de la lana y sólo es sobrepasada por la del algodón. También se puede conseguir artificialmente la lana, que se obtiene, precisamente, del suero de la leche.

Otro milagro se ha realizado no hace muchos años en el silencio de los laboratorios con la obtención de las materias plásticas, producto de la transformación de otros productos naturales, se han creado materias tan conocidas como la seda artificial, el celuloide, la galalita, el papel celofán, el caucho vulcanizado, la baquelita, el polopás, la igelita, las siliconas, el plexiglás, la buna, etc., con numerosas aplicaciones, tanto en el campo de la industria como en el de los usos domésticos.

A estas materias plásticas se las ha llamado también resinas sintéticas, porque se parecen a la resina vegetal y, como ella, pueden hacerse blandas o duras; sintéticas, porque se han formado de la síntesis, es decir, de la unión de moléculas de varios elementos químicos. Con substancias tan comunes como el aire, el agua, el carbón y el petróleo se ha llegado, a través de varias transformaciones, a estas asombrosas materias primas que pueden substituir ventajosamente al cuero, al lino, al algodón, al vidrio, a la madera, al cemento,

etc. Entre las diversas fibras textiles, la más conocida es el nylón, creado en Francia en 1938. El nylón es más fuerte que las fibras naturales y se emplea mucho para hacer medias, géneros de punto y tejidos. Con él también se hacen cepillos, discos y botones.

Hay quienes afirman que la primera materia plástica fue la bakelita, producida por el químico belga-estadounidense Baekeland en 1909; otros afirman que fue la parkesina, presentada por el químico inglés Alexander Parkes en la exposición internacional de Londres de 1826. De todos modos, esta materia plástica es realmente sorprendente porque con ella se puede hacer de todo: muebles y



Las resinas sintéticas tienen, tras su elaboración en las fábricas, numerosas y variadas aplicaciones que van desde los muebles a los juguetes, de las bolsas para envolver a los cascos de las embarcaciones, de las gafas a los barnices y a los colores.

vestidos, carrocerías de automóviles, embarcaciones, ruedas, guantes, cohetes, flores, juguetes, barnices, cajas. El secreto de sus posibilidades se encuentra en su composición química: su substancia básica está formada por moléculas muy grandes, cada una de las cuales está compuesta por una cadena de miles de moléculas pequeñísimas. Cambiando el número de estas pequeñas moléculas, uniéndolas o separándolas, se obtienen infinidad de compuestos, todos de tipo diferente. Las materias plásticas se pueden dividir en dos grupos: las termo-endurentes y las termo-plásticas. Las primeras pueden ser modeladas con el calor, pero una vez que han adquirido la forma deseada se endurecen manteniéndose así, como por ejemplo la fórmica, con la que se revisten, particularmente, los muebles de cocina; las otras se presentan como la cera, pueden ser blandas o duras, según que se las caliente o enfríe, como el vinil, la materia plástica que puede substituir al cuero en diversas aplicaciones. Otro producto sintético de particular importancia es la goma sintética. La goma natural o cau-


El Palacio de los Deportes de Roma, es una audaz obra realizada en cemento armado.

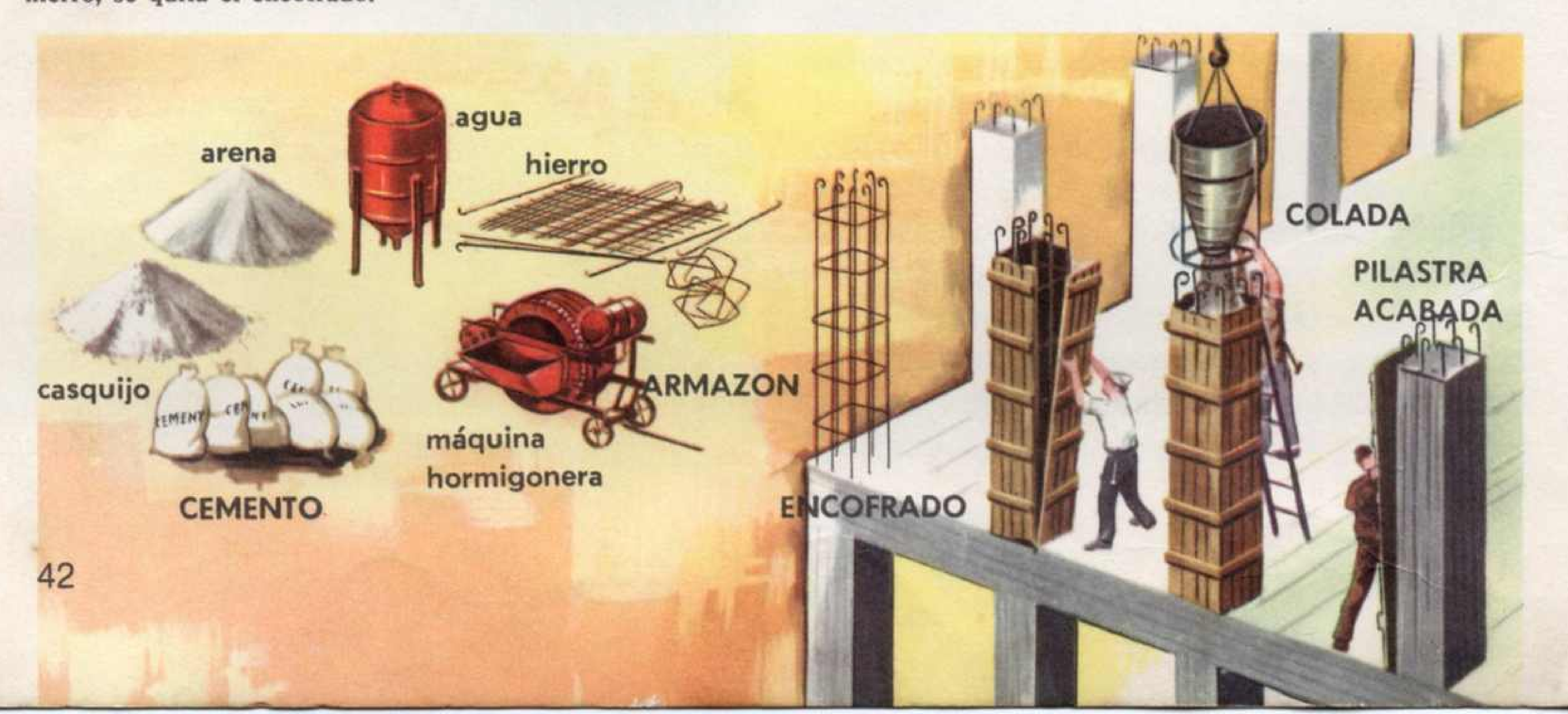

Este material permite la construcción de sólidos puentes de líneas muy audaces, que se apoyan sólo sobre dos pilastras.

cho se obtiene, como ya hemos dicho, del latex que se extrae del tronco de la hevea, árbol procedente del Brasil extendido por todo el sureste asiático. Para poder disponer en todo momento de esta materia prima apreciadísima en la industria (pensemos en los neumáticos y en las correas de transmisión), y para independizarse de los mercados exteriores, los alemanes primero, luego los soviéticos y, finalmente, los norteamericanos, han conseguido obtener, partiendo de los derivados del petróleo, una goma sintética (buna) que tiene todas las cualidades físicas del caucho, pero le aventaja en rendimiento, por lo que le hace una gran competencia.

Más arriba hemos dicho que hasta las casas pueden ser de materia plástica y en realidad pueden construirse elementos prefabricados de esta materia, como las paredes, los tubos para las líneas eléctricas e hidráulicas, los servicios higiénicos y las ventanas y puertas.

La construcción ha sufrido en los últimos años una gran revolución en los materiales usados. De los ladrillos (que se vienen usando desde hace 12.000 años), de la cal, del cemento, se ha pasado a las materias plásticas, al hierro, al cemento armado, al aluminio... La diferencia que hay entre el cemento y el cemento armado es la siguiente: el cemento es un polvo que se obtiene poniendo arcilla y piedra calcárea en un horno a 1.500 grados de temperatura. Mezclado con agua, arena y grava, da el hormigón, que se solidifica rápidamente y tiene mucha resistencia. El cemento armado es una estructura de hormigón y barras de hierro. Todos hemos tenido ocasión de ver los encofrados de madera en los que los albañiles echan el cemento. Surgido en los últimos decenios, el cemento armado se ha extendido enormemente por la rapidez y facilidad con que se le puede emplear, siendo muy apto para la construcción de puentes y pilastras. En América del Norte está substituyendo a las traviesas de madera de los ferrocarriles, mejorando la circulación de los trenes que corren sin sacudidas.

El hormigón es una mezcla hecha con agua, casquijo, arena y cemento. Si a esta mezcla se incorpora el hierro se obtiene el cemento u hormigón armado. Para obtener estructuras de cemento armado, la mezcla es vertida en encofrados, generalmente de madera, provistos de una armadura de hierro. Cuando la mezcla se ha endurecido y adherido fuertemente al hierro, se quita el encofrado.



MENSAJES A TRAVES DEL ESPACIO

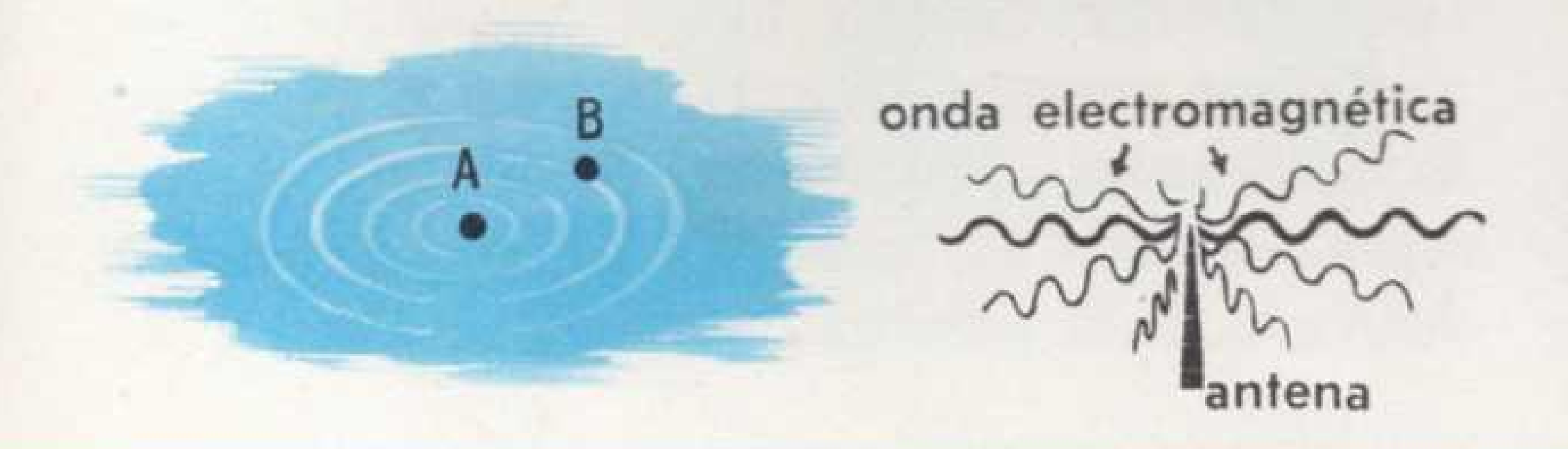
El empleo de las ondas invisibles

Este capítulo está dedicado a las ondas invisibles y, de modo especial, a las radioondas que traen a nuestras casas voces y música, que transmiten mensajes, que cabalgan sobre océanos y continentes.

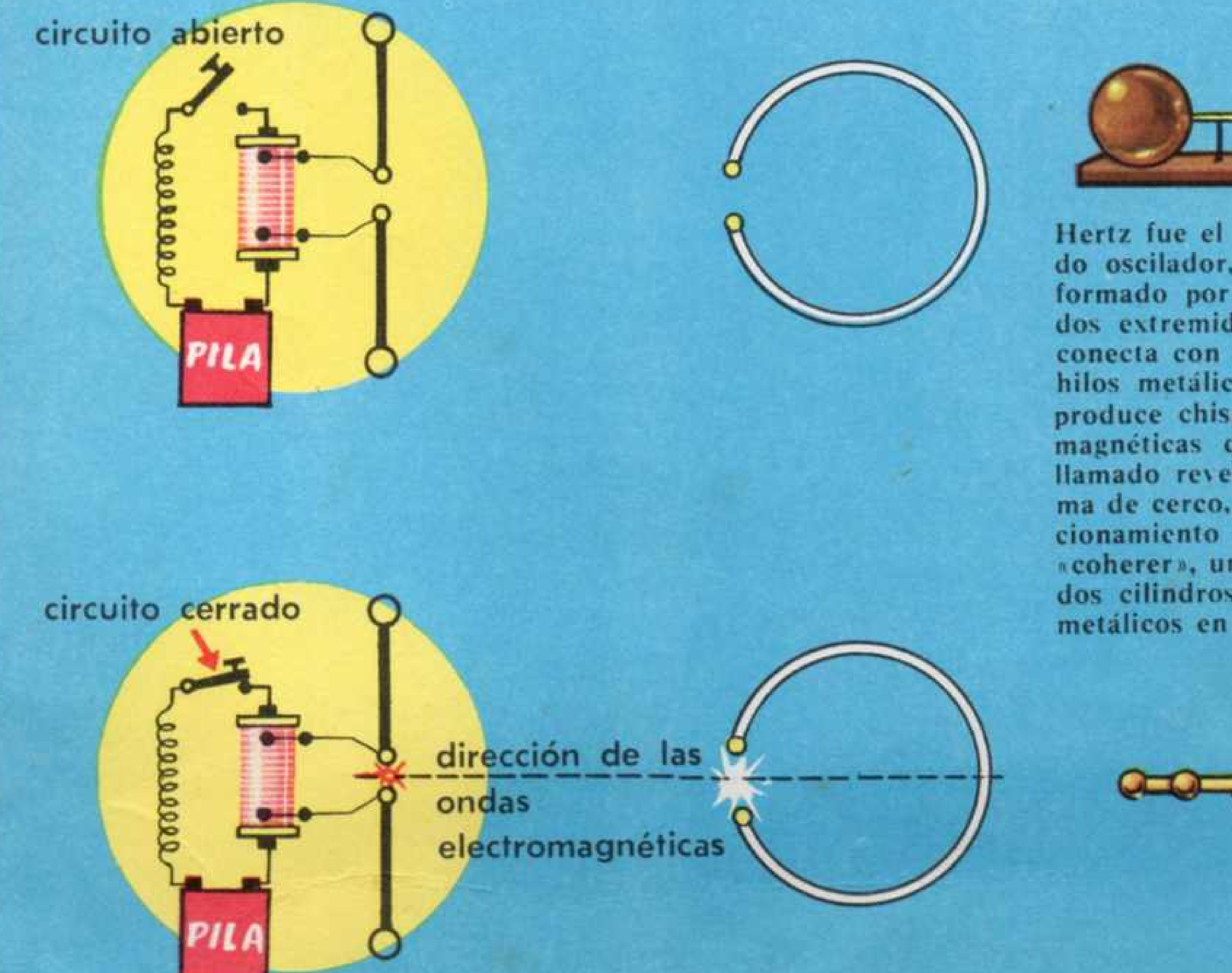
Pero antes de entrar en materia será conveniente hablar de la luz, porque las radioondas pertenecen a la misma familia de la luz y, como ella, viajan a la fantástica velocidad de 300.000 kms. por segundo.

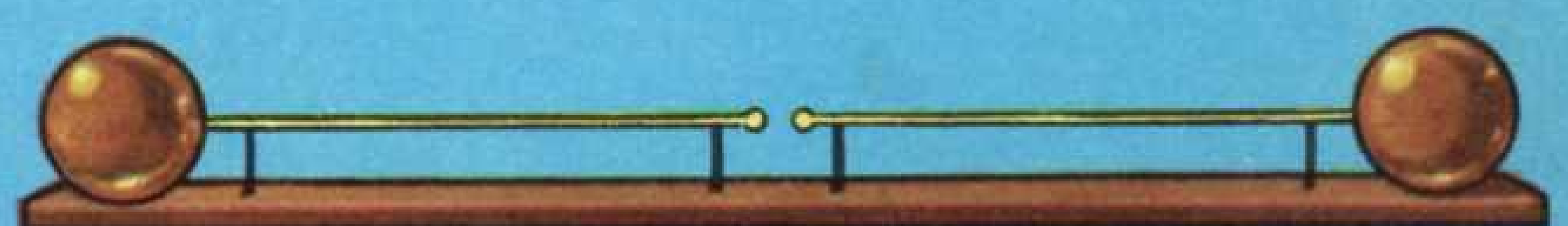
Sabemos de la luz que viaja a la velocidad que ya hemos indicado y que se compone de siete colores (los del iris); que se refleja y se refracta; que puede producir electricidad; que se propaga en el espacio como las ondas producidas por una piedra lanzada en un estanque; que pertenece a la familia de las ondas electromagnéticas; que la longitud de sus ondas no llega a una millonésima de milímetro; que de la variedad de sus colores depende la longitud de las ondas de éstos (el rosa tiene la onda más larga y el violeta la más breve).

El danés Niels Bohr, Premio Nobel de Física, fallecido en 1962, que fue el primero que reveló la arquitectura del átomo, expuso

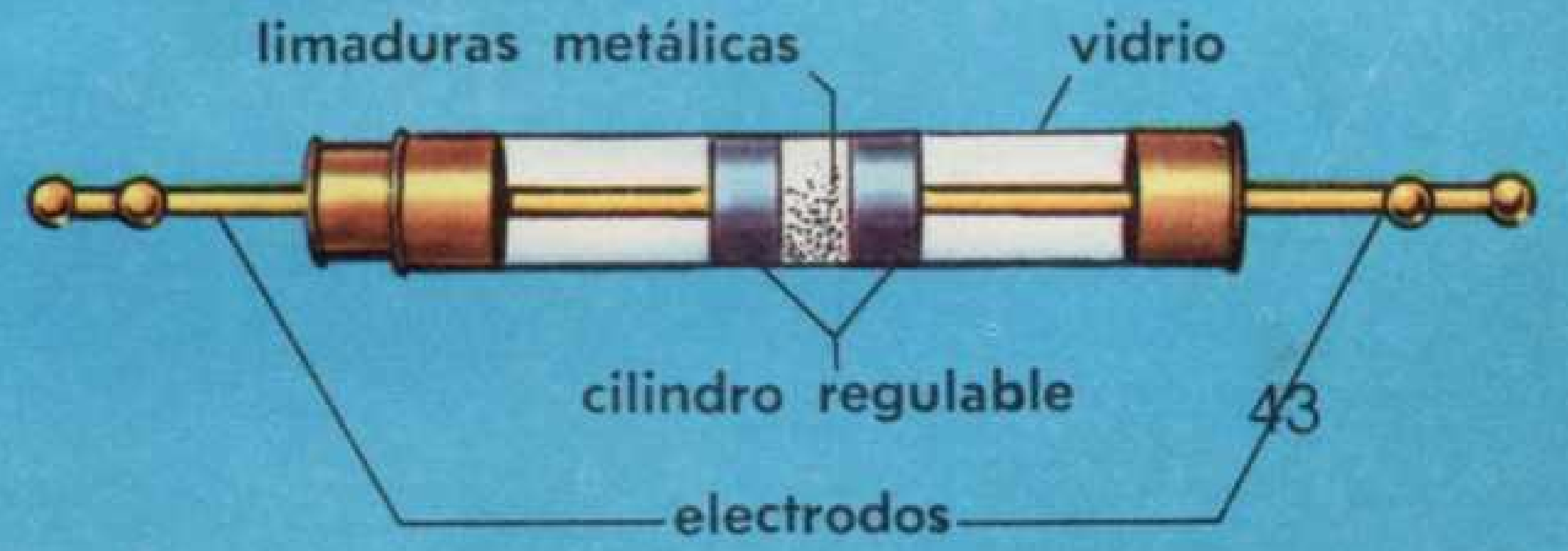


Las ondas electromagnéticas se propagan en el espacio con movimientos ondulatorios, como sucede en el agua cuando en ella se arroja una piedra. Las partículas del punto en el que ha caído la piedra (A) vibran con movimiento oscilatorio, y éste se propaga a las partículas vecinas (B) sin cambiar de lugar.





Hertz fue el primero que construyó un instrumento llamado oscilador, capaz de producir ondas electromagnéticas, formado por dos conductores rectilíneos provistos en sus dos extremidades de dos esferas (arriba). El oscilador se conecta con una bobina de Rhumkorff por medio de unos hilos metálicos. Cuando se cierra el circuito, la corriente produce chispas entre las dos esferas y las ondas electromagnéticas que aparecen son reveladas por un aparato, llamado revelador, construido con hilo metálico y en forma de cerco, abierto por un lado (izquierda). Como perfeccionamiento del revelador de Hertz se ha concebido el «coherer», un tubo de vidrio con limaduras metálicas entre dos cilindros que se pueden regular y con dos contactos metálicos en sus extremidades.



en una conferencia dada en 1913, la teoría de que la luz nace del átomo. "El átomo —dice Bohr—, está compuesto de un núcleo en torno del cual giran, en órbitas preestablecidas, los electrones. Cuando éstos, por razones externas (calor, luz, bombardeo de otros electrones), pasan a otra órbita que no es la suya, liberan energía que se manifiesta en luz."

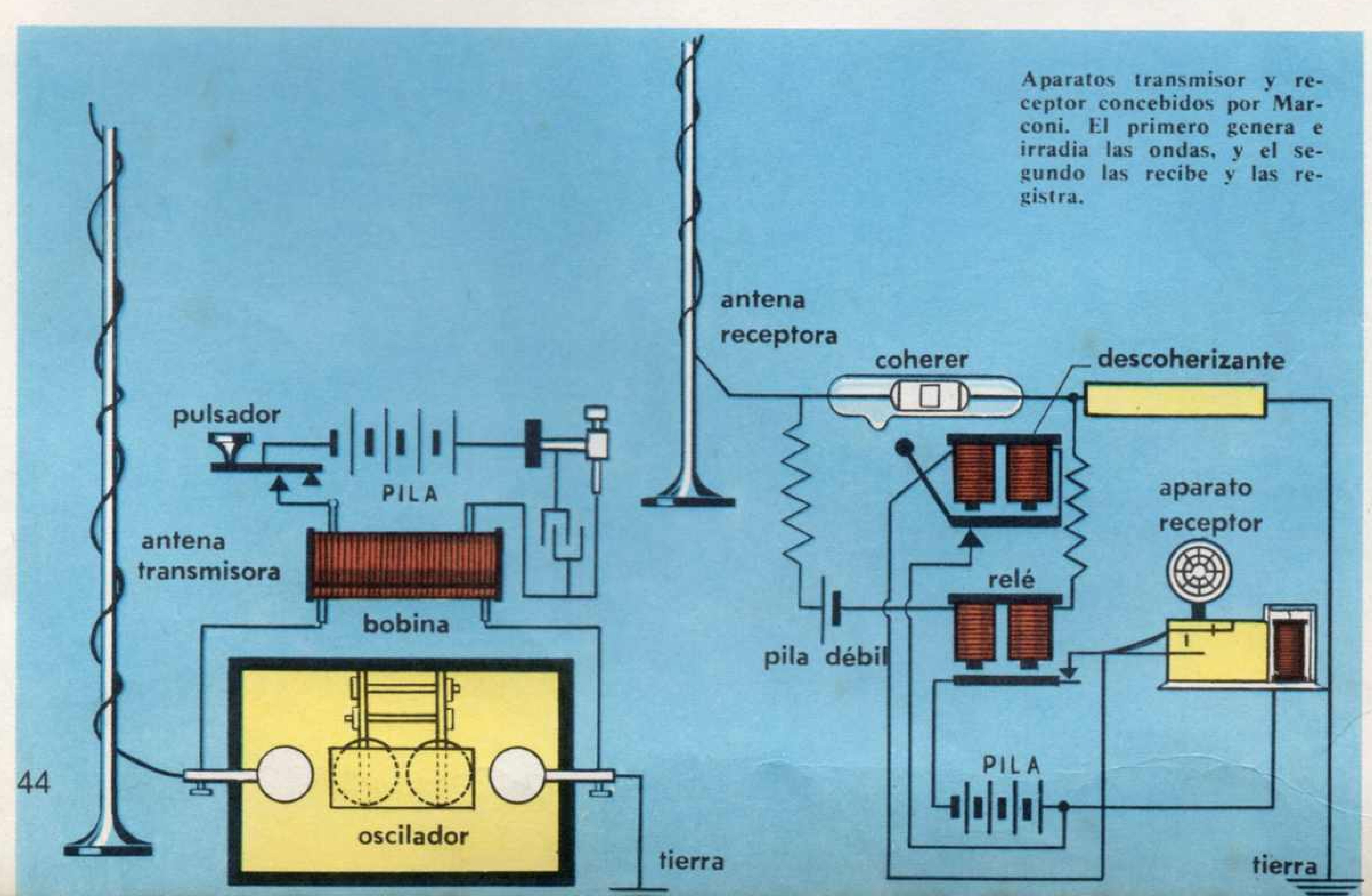
Pero cuando se preguntó a Bohr: "¿Cómo es en realidad la luz?", éste respondió que no sabía qué contestar. Porque la luz es un misterio.

En el siglo pasado los científicos discutieron mucho enfrentando dos teorías sobre la luz. Unos, decían con Newton que la luz estaba formada por numerosas partículas, y, otros, mantenían con Huygens que estaba formada de vibraciones, de ondas que se propagan en el espacio. En el siglo XIX prevaleció la teoría ondulatoria. Pero hoy se cree que en ciertos casos la luz se presenta en forma ondulatoria y en otros en forma corpuscular.

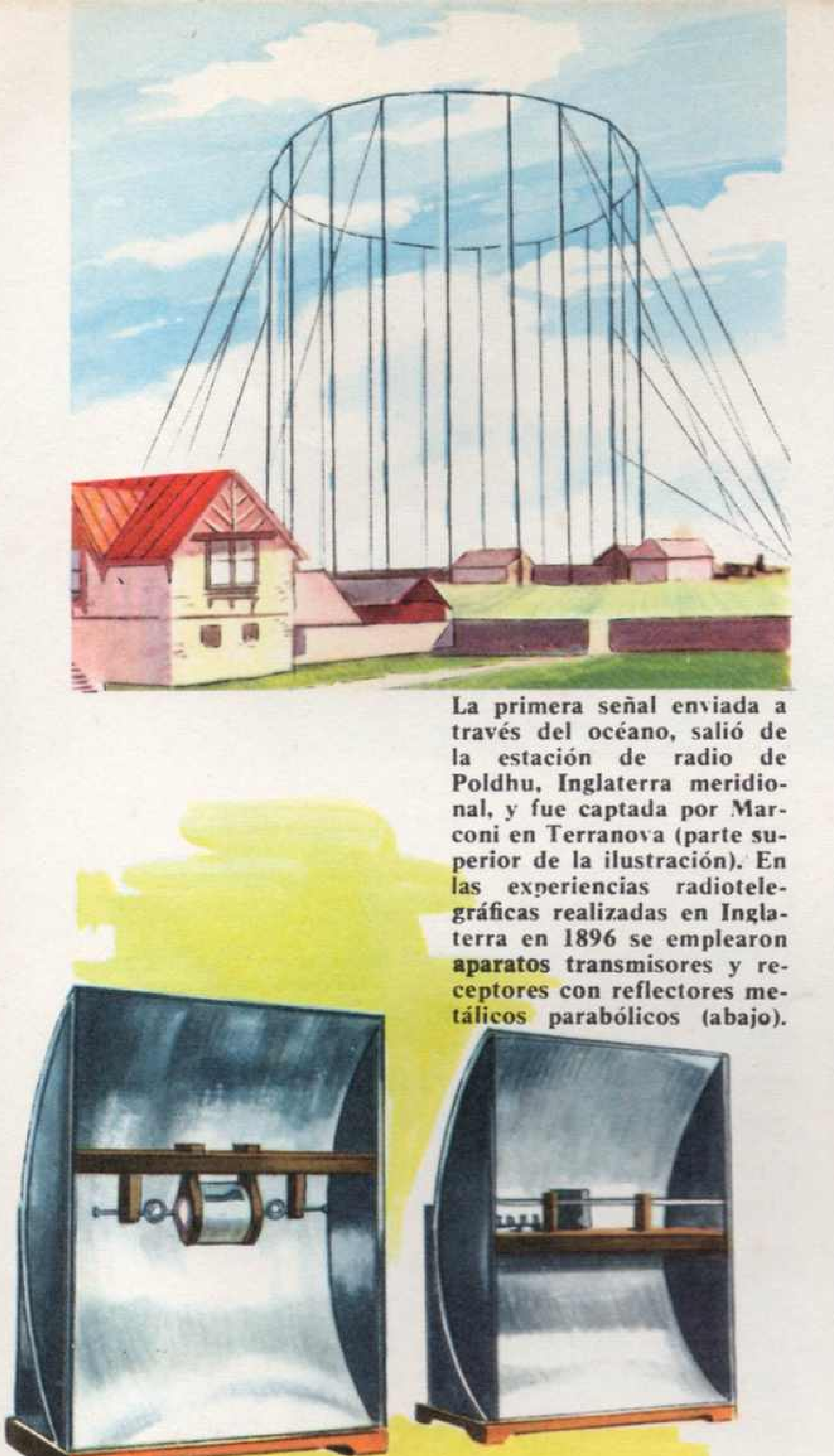
Max Planck, gran científico alemán, Premio Nobel de Física en 1918, fallecido en 1947, ha dicho que la luz es una onda formada por numerosas gotas de energía que él llamó quantas. Einstein, recogiendo este concepto, llamó a los quanta de la luz, fotones, derivado de la palabra griega fos (luz).



Marconi dio un gran impulso a la telecomunicación, siendo el primero en transmitir señales del alfabeto Morse sin que las estaciones transmisora y receptora estuviesen unidas por hilos. En la ilustración, su primer aparato.



Aparatos transmisor y receptor concebidos por Marconi. El primero genera e irradia las ondas, y el segundo las recibe y las registra.



La primera señal enviada a través del océano, salió de la estación de radio de Poldhu, Inglaterra meridional, y fue captada por Marconi en Terranova (parte superior de la ilustración). En las experiencias radiotelegráficas realizadas en Inglaterra en 1896 se emplearon aparatos transmisores y receptores con reflectores metálicos parabólicos (abajo).

Niels Bohr decía: "Todos los rayos nacen del átomo". Todos los rayos; porque en realidad no existen sólo los rayos de la luz; éstos son los que se ven, pero hay otros que el ojo humano no puede percibir porque tienen ondas muy largas o demasiado cortas para nuestro sistema óptico. Pero todos se propagan en el espacio con la velocidad de la luz; todos son fenómenos eléctricos, o más bien, electromagnéticos, porque la electricidad y el magnetismo son fenómenos similares. Y todos ellos pertenecen a la misma familia; sólo se diferencian porque no tienen la misma longitud de onda.

El mérito de haberlos descubierto y estudiado concurre en los científicos del siglo XIX y XX, a Maxwell, que fue el primero en comprender que la luz es una onda electromagnética, y a Hertz, el alemán que descubrió las ondas herzianas, las radio-ondas; a Röntgen, descubridor de los rayos X, y a los Curie, que descubrieron al mundo los rayos del radium. De este modo conocemos las ondas herzianas, las ondas infrarrojas (que dan calor), las ondas luminosas, los rayos ultravioleta, los rayos X, los rayos gamma y los rayos cósmicos.

Su longitud de onda va poco a poco disminuyendo. Se puede partir de la onda hertziana o radio-onda, que puede tener una longitud de millares de kilómetros, y se puede llegar a los rayos ultravioleta, X, o gamma, que tienen ondas cortas de un billonésimo de milímetro. Cuanto más cortas son las ondas, más frecuentes son las vibraciones por segundo y, por lo tanto, más alta es su frecuencia y hasta más alta es su energía. He aquí por qué mientras las radio-ondas, los rayos infrarrojos y los de la luz son inocuos, son peligrosos los otros rayos. Los rayos ultravioleta del Sol queman la piel; los rayos X matan el tejido animal y por eso se emplean en medicina para exterminar los gérmenes patógenos. En cuanto a los rayos cósmicos, es decir, a los que llegan procedentes del espacio, se sabe todavía muy poco de ellos. Se sabe que son tan potentes que podrían matar a toda la Humanidad, pero



A bordo del yate «Electra», Marconi realizó importantes experiencias. Aquí se le presenta en el «Electra», anclado en Génova, hablando con Sydney



Las peticiones de socorro lanzadas por la radio de a bordo del «Titánic», no obtuvieron el resultado esperado, pero facilitaron el salvamento de una parte de los pasajeros.

por fortuna la atmósfera de la Tierra los despoja de gran parte de su fuerza.

Todos estos rayos son utilizados por el hombre de un modo o de otro: las ondas hertzianas para la transmisión a distancia; los infrarrojos para fotografiar en la obscuridad; los ultravioleta para descubrir fraudes alimenticios y billetes falsos; los rayos X para radioscopias y radiografías y, como rayos gamma, para la curación de tumores. . Y ahora que hemos situado entre las diferentes ondas las que más nos interesan, las radioondas, vamos a hablar de ellas.

El mérito del descubrimiento de las radio-ondas coresponde al inglés Maxwell y al alemán Hertz. En 1831, Maxwell, estudiando los fenómenos eléctricos, llegó a la conclusión de que la electricidad se mueve en el espacio con ondas iguales a las de la luz. Y pensó que debían existir ondas eléctricas que alguien descubriría. Y este alguien fue Hertz, quien, prosiguiendo los razonamientos de Maxwell, encontró en 1885 estas ondas y hasta llegó a producirlas con chispas. Su instrumento, el primer aparato transmisor y receptor de la historia, era muy sencillo: un aparato generador de chispas y, a algunos metros, un hilo retorcido que las recibía. Las chispas se propagaban en ondas a través del aire, pudiéndolas ver él con una lente cuando en la oscuridad de la habitación chocaban con el hilo.

Hertz murió pocos años después de su experimento y no pudo ver el prodigioso salto que dieron las ondas por él descubiertas cuando, en 1901, Marconi las hizo cruzar el Atlántico.

Los experimentos de Hertz fueron proseguidos por diferentes físicos que intentaron perfeccionar la instalación receptora y trans-



Los barcos van hoy provistos de aparatos de radiotelegrafía con los que se mandan señales por radio ondas.

misora; entre ellos hay que recordar al inglés Lodge y al francés Branly. En Rusia, el físico Popov, para recoger mejor la onda eléctrica procedente de distancias mayores, empleó por primera vez la antena en la estación receptora. El italiano Marconi añadió a la antena receptora de Popov una antena transmisora y dotó a la estación transmisora de una toma de tierra. Con este sistema, a fines de 1895, realizó la primera transmisión de una señal en alfabeto morse más allá de una colina de Pontecchio, cerca de Bolonia. Pero como no obtuvo del gobierno italiano los medios necesarios para realizar experimentos en amplia escala, patentó en Inglaterra su invención de la telegrafía sin hilos.

En 1897, en Inglaterra, Marconi transmitió señales a mayor distancia que la vez anterior. Y finalmente pensó transmitirlas de Europa a América. Muchos creyeron imposible este proyecto porque pensaban que las radio-ondas no podrían seguir la curva de la Tierra, ya que éstas, como las ondas luminosas, se propagan en línea recta. Pero la experiencia tuvo éxito, y el 12 de diciembre de 1901, la señal de la letra S en alfabeto Morse, formada de tres puntos, emitida desde la costa de Cornualles (Inglaterra), llegó a la costa de Terranova (América del Norte). Marconi, con su ayudante, la oyó claramente. Para este experimento había hecho construir una estación transmisora, con una selva de antenas, de una altura mayor de 60 metros, en Cornualles, mientras que en Terranova había como antena un hilo de alambre sostenido por una cometa. La experiencia de Marconi tuvo éxito porque en la alta atmósfera existe una capa de iones (partículas eléctricas que emanan en su mayor parte del Sol), que forman como una barrera, y reflejan hacia la Tierra las radio-ondas como si fuesen rayos de luz.

En 1909, las radio-ondas realizaron el primer salvamento: el barco "Republic", que había chocado con un submarino, lanzó un S.O.S. que fue captado. La tragedia del "Titanic", ocurrida en 1912, convenció a la humanidad de la importancia excepcional de la telegrafía sin hilos.





Los S. O. S., lanzados por el radiotelegrafista del avión «Italia», dieron la posibilidad de descubrir a los hombres de la expedición Nobile y de salvarlos (arriba). (A izquierda), radiorreceptor Gody, construido en 1926.

(Abajo), modelo de radiorreceptor con altavoz en trompa, de 1924.





Antiguo aparato radiorreceptor. En su interior se puede observar un complejo de gruesas lámparas e hilos.
Hoy las lámparas son sustituidas por pequeños mecanismos llamados transistores (a la derecha), con los que se pueden realizar aparatos de radio más funcionales y de muy pequeñas dimensiones (a veces caben en el bolsillo). En estos modernos aparatos, el embrollo de los hilos que formaba el circuito se ha sustituido por un circuito estampado (abajo).

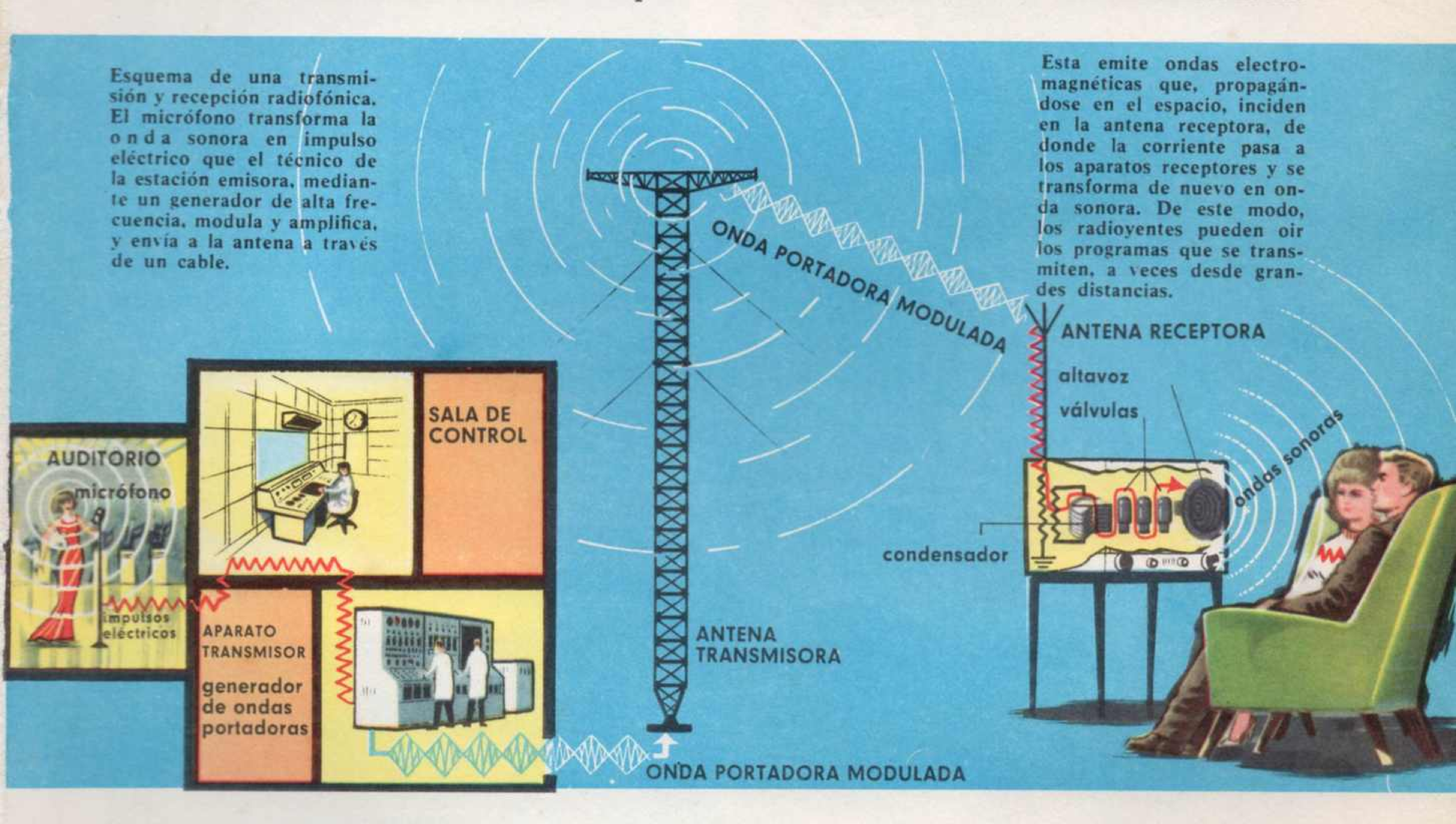
En 1930, Marconi, que ya había recibido el Premio Nobel de Física en 1909, apretó, desde su yate "Eléctra", en Génova, el pulsador de un aparato Morse, y, con este sencillo gesto, encendió las lámparas de la Exposición Industrial de Sydney (Australia), a 20.000 kilómetros de distancia. Realmente esta distancia es enorme, pero ¿qué decir en este caso de los científicos norteamericanos que en 1946 mandaron radio-ondas a la Luna, con una instalación de radar, y éstas volvieron a la Tierra apenas dos segundos y medio después?

Poco a poco, por todo el mundo se fueron montando estaciones receptoras y emisoras, y se comprendió que no sólo era interesante transmitir señales, sino también sonidos y voces. En 1906 se comenzaron en Alemania los primeros ensayos de emisiones radiofónicas. Estaba naciendo la radiodifusión.

Veamos cómo se efectúa una transmisión de radio. Digamos enseguida que no existe mucha diferencia entre una transmisión de radio y una transmisión telefónica. Recordemos el teléfono: las vibraciones sonoras transformadas en vibraciones eléctricas, llegan, a través del hilo, al receptor, donde un electroimán cambia de nuevo las vibraciones eléctricas en vibraciones sonoras. En las transmisiones de radio, la onda sonora llega al altavoz no por el hilo, sino a través del espacio libre, por ondas eléctricas llamadas radio-ondas. Veamos ahora el proceso en todas sus etapas.

En el estudio, la onda de sonidos que emite el cantante golpea el micrófono y hace vibrar al diafragma; transformándose en señales eléctricas como sucede cuando hablamos por teléfono; en una palabra, se transforma en una corriente microfónica. Esta corriente, ampliada por medio de válvulas especiales, es conducida a través de un cable a la estación transmisora, donde queda impresa, podríamos decir, por medio de un modulador, en una corriente de vibraciones mucho más rápidas, producida expresamente por un oscilador. Esta corriente es una radio-onda, también llamada onda portadora, porque transporta por el espacio la corriente microfónica que, a su vez, puede llamarse onda sonora.

Por lo tanto, las ondas portadoras y las ondas sonoras se difunden en el espacio estrechamente unidas. La antena receptora las capta junto con otras ondas portadoras y las guía, a través del cable, a la estación receptora. Y la estación, a su vez, sabe discernir la onda que debe captar, entre otras muchas, porque conoce su frecuencia. Corresponde al condensador reconocer la frecuencia y seleccionar la onda (como hacemos nosotros en nuestro aparato receptor con el botón sintonizador). La radio-onda ha entrado en la estación receptora; primero, debido a que es débil, se procede a reforzarla, a amplificarla; luego entra en una válvula especial, el detector, que elimina la onda portadora y libera la onda sonora. La onda sonora, es decir, la onda microfónica, es conducida al altavoz luego de haber sido debidamente reforzada, donde hace vibrar un diafragma, igual al del micrófono, y, de pronto, reaparece, como por milagro, la voz. La corriente microfónica se ha transformado en vibración sonora.



Esquema de una transmisión y recepción radiofónica. El micrófono transforma la onda sonora en impulso eléctrico que el técnico de la estación emisora, mediante un generador de alta frecuencia, modula y amplifica, y envía a la antena a través de un cable.

Hoy, la técnica de los aparatos de radio ha alcanzado un alto nivel de perfeccionamiento. Existen pequeñas estaciones emisoras y receptoras que funcionan con energía solar. Pero la cosa más asombrosa es la radio a transistores, que tiene un minúsculo aparato (el transistor), formado por una pequeña lámina de germanio de 1 mm de espesor por 2 de ancho. Para funcionar no tiene necesidad de corriente, y puede substituir las grandes válvulas de la radio, porque es capaz de conducir, modular y amplificar las señales eléctricas.

Anotemos a título de curiosidad un hecho importante: el valor educativo de las grandes masas que vienen teniendo los radiotransistores a lo largo y a lo ancho de la Tierra.

De estos pequeños aparatos, han hecho organismos internacionales de carácter cultural una amplia distribución en los lugares más apartados de nuestro planeta, y así no es extraño oir en regiones donde no ha llegado todavía la luz eléctrica, en las intrincadas selvas ecuatoriales, o en los desiertos de Asia o de Africa, la voz de los locutores de todas las partes del mundo a través de los transistores.

LA CELULA FOTOELECTRICA

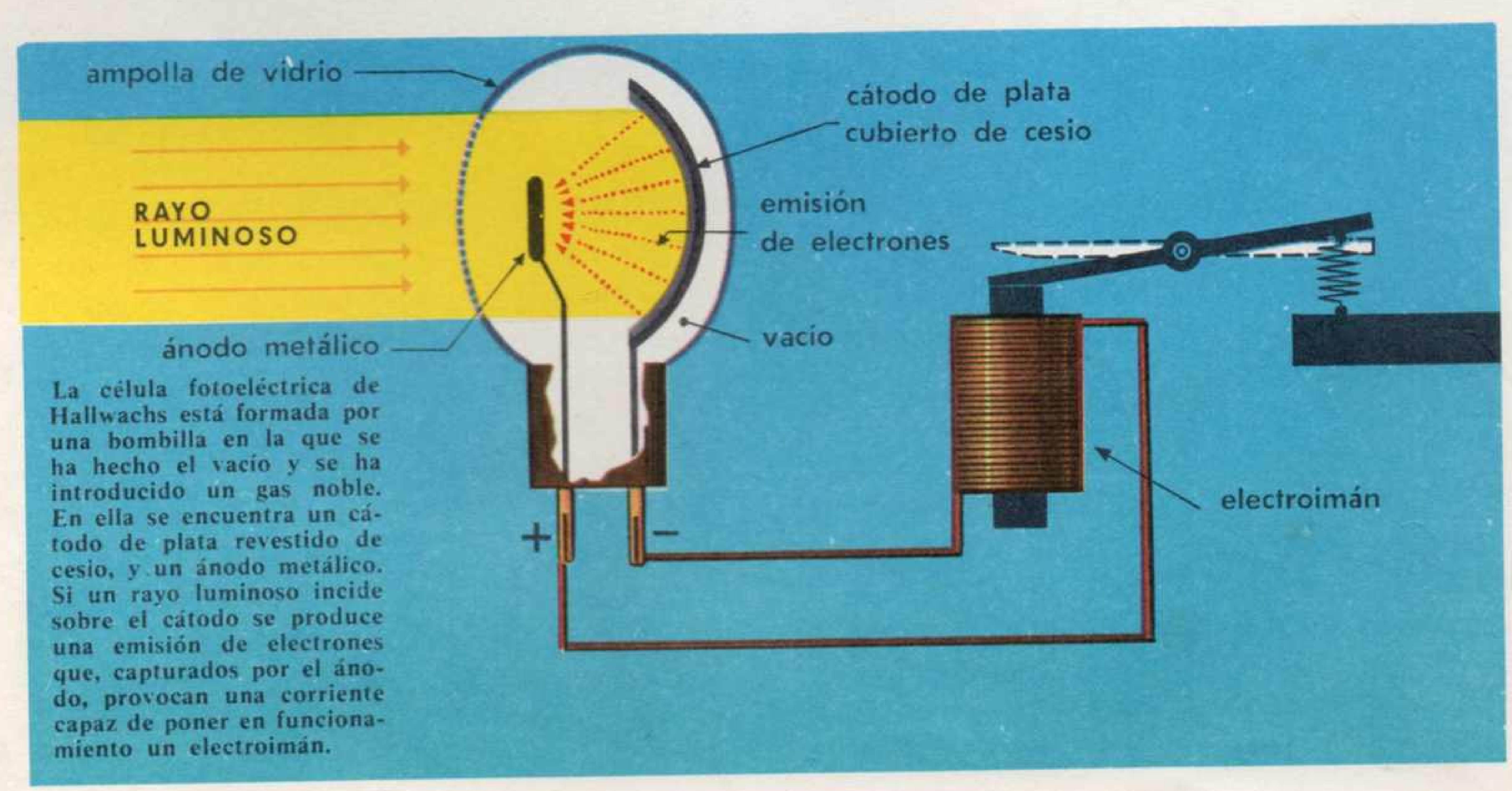
El descubrimiento del ojo mágico

El desarrollo de la ciencia ha conducido al descubrimiento de metales poseedores de nuevas propiedades eléctricas y, en particular, de algunos metales que transforman estas propiedades bajo la influencia de los rayos luminosos.

Existen metales que por efecto de la luz pueden variar su conductibilidad (efecto fotoconductor), y otros que, también por efecto de la luz, emiten electrones (efecto fotoelectrónico).

El efecto fotoconductor es propio de algunos cristales o minerales que normalmente son aislantes, pero que se transforman en conductores cuando les dan las radiaciones luminosas. El selenio es un metal típico de esta clase; tiene la propiedad de ser sensible a la luz, y varía su resistencia eléctrica, según varía la cantidad de luz que sobre él se proyecta. Aprovechando esta propiedad del selenio se ha llegado a la construcción de la célula fotoeléctrica a resistencia o fotocélula, constituida por una película de selenio colocada sobre una laminilla de material aislante y de dos electrodos metálicos en contacto con dicha capa. Si la célula se conecta con una fuente de fuerza electromotriz y con un galvanómetro, cuando la capa sensible es iluminada, en el galvanómetro se nota un aumento de la corriente.

El efecto fotoeléctrico, descubierto por Hertz en 1888, fue adaptado a la célula fotoeléctrica de Hallwachs, constituida por una ampolla de vidrio vacía o con gas noble rarificado, en la que se encuentra un cátodo, en



La célula fotoeléctrica de Hallwachs está formada por una bombilla en la que se ha hecho el vacío y se ha introducido un gas noble. En ella se encuentra un cátodo de plata revestido de cesio, y un ánodo metálico. Si un rayo luminoso incide sobre el cátodo se produce una emisión de electrones que, capturados por el ánodo, provocan una corriente capaz de poner en funcionamiento un electroimán.





general sensibilizado con cesio (metal que tiene una gran potencialidad electrónica), y un ánodo metálico formado por una espiral de alambre o rejilla.

Esta célula, llamada también ojo májico, tiene la capacidad de señalar de un modo rápido y preciso la presencia de energía luminosa por pequeña que sea, y tiene una aplicación muy amplia, como la reproducción de la banda sonora de las películas, la televisión, señales, etc.

En ciertas ciudades, por ejemplo, la iluminación pública se regula automáticamente por medio de una célula fotoeléctrica.

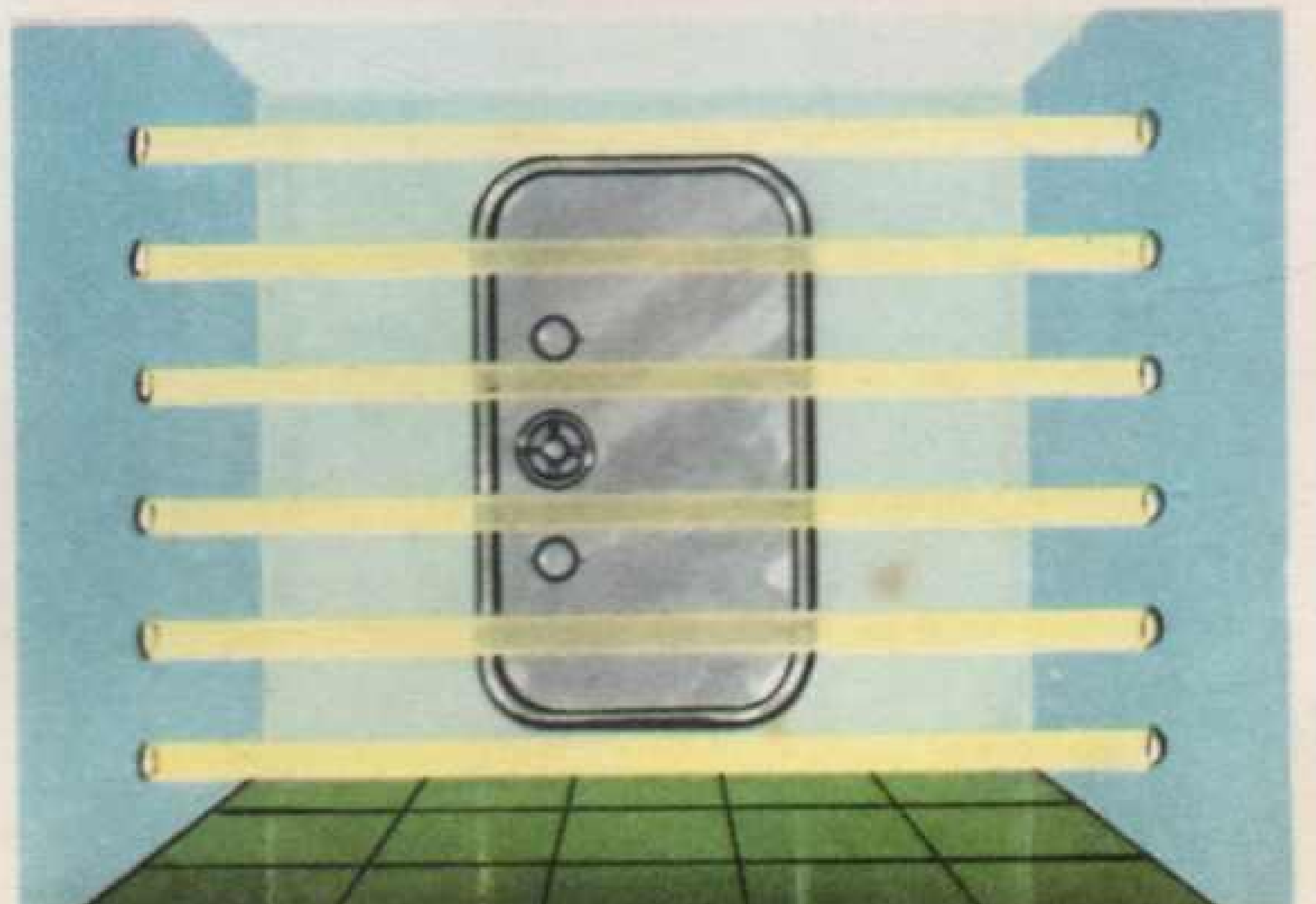
Cuando sale el Sol, una débil corriente pasa por un circuito que contiene una célula fotoeléctrica y hacer funcionar un electroimán; éste, a su vez, hace funcionar un interruptor de metal que cierra el circuito primario y, por consiguiente, se apagan las luces de los faroles. Por el contrario, cuando cae la tarde, el circuito que contiene la célula fotoeléctrica se desconecta, el electroimán deja de funcionar y el interruptor de metal se mueve, estableciendo el contacto que enciende la luz.

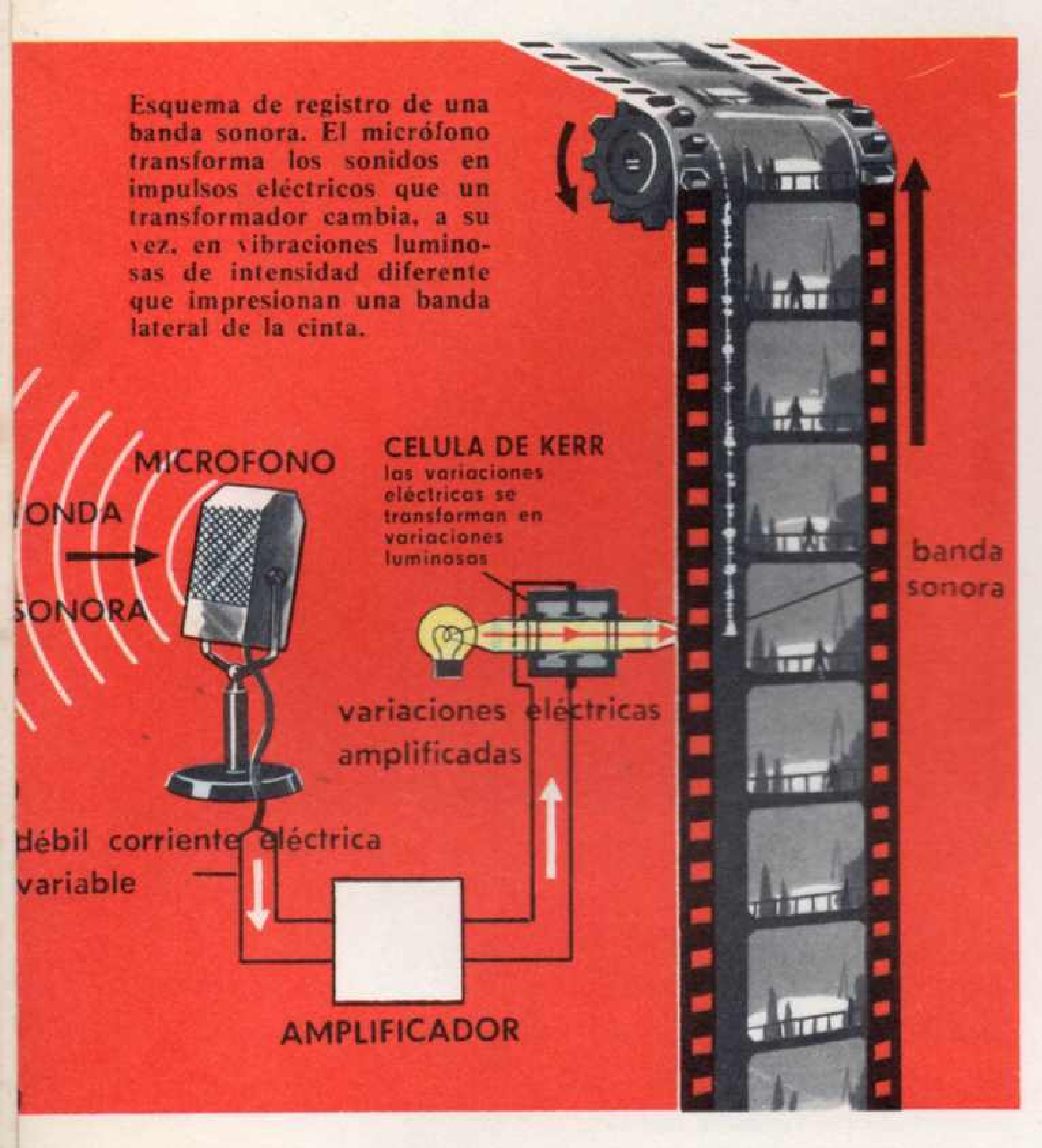
También se usan las células fotoeléctricas para el funcionamiento de las puertas automáticas. En este caso un haz de luz atraviesa el umbral y da sobre una célula de selenio

La célula fotoeléctrica, de la que el grabado nos muestra un ejemplo muy actual, tiene importantes aplicaciones, y entre ellas, en los mecanismos para el cierre y apertura de los circuitos de iluminaciones (arriba), y en el cierre y apertura automática de las puertas y en los dispositivos contra el robo (abajo).

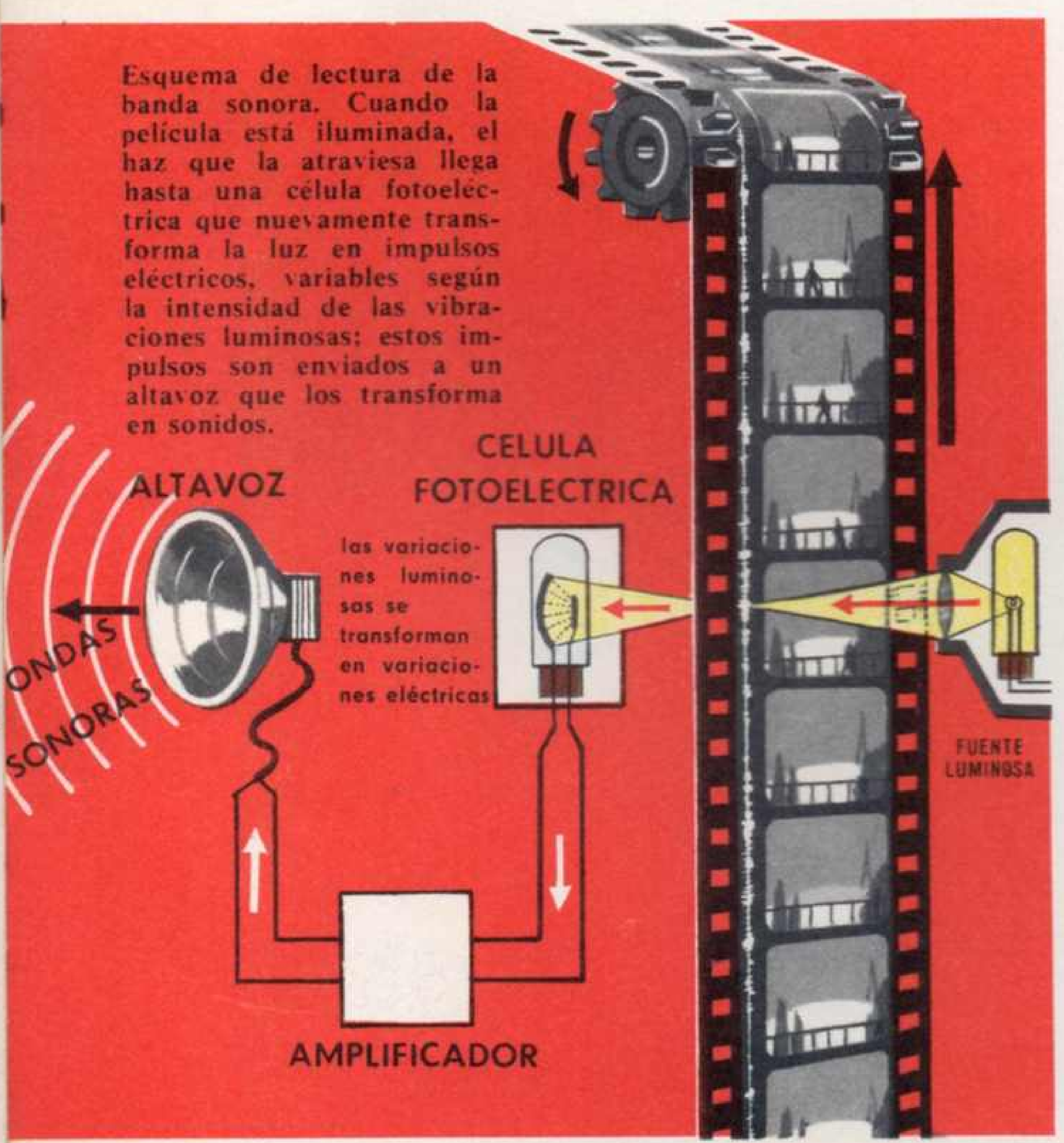








Esquema de registro de una banda sonora. El micrófono transforma los sonidos en impulsos eléctricos que un transformador cambia, a su vez, en vibraciones luminosas de intensidad diferente que impresionan una banda lateral de la cinta.



Esquema de lectura de la banda sonora. Cuando la película está iluminada, el haz que la atraviesa llega hasta una célula fotoeléctrica que nuevamente transforma la luz en impulsos eléctricos, variables según la intensidad de las vibraciones luminosas: estos impulsos son enviados a un altavoz que los transforma en sonidos.

cruzada por una corriente; si una persona, o un objeto, interrumpe el haz de luz, la célula se oscurece y este cambio hace dispararse a un dispositivo que abre la puerta.

El mismo sistema se emplea en algunos establecimientos para localizar incendios (en este caso es el humo quien interrumpe el haz luminoso), o para encender, automáticamente, en el mar, las boyas.

También se usa el selenio en los exposímetros, es decir, en los instrumentos que indican el tiempo de exposición necesario para fotografiar en determinadas condiciones de luz.

Una serie completa de células de selenio, dispuestas en cadena, permiten medir la debilísima luz que nos llega de las estrellas más alejadas.

El maravilloso descubrimiento de la célula fotoeléctrica nos ha dado la facilidad de grabación, de un modo nuevo, de las palabras y de los sonidos, añadiendo a la grabación magnética (sobre banda) y mecánica (en disco) la grabación óptica sobre película cinematográfica.

Esta grabación tuvo lugar en 1926. Hasta entonces, como se sabe, el cine era mudo, pero en esa fecha la empresa Warner Brothers, a punto de quebrar, se decidió a lanzar una película sonora.

El cine sonoro consiste en la proyección simultánea de las imágenes y del sonido, grabado en la misma película que se han fotografiado las imágenes. Las vibraciones acústicas se transforman en vibraciones eléctricas, que, a su vez, se transforman en vibraciones luminosas que impresionan una banda lateral de la película.

Para oir el sonido fotografiado basta proyectar a través de la banda filmada una luz de modo que dé sobre una célula fotoeléctrica. Esta genera corrientes eléctricas variables, que, ampliadas, son enviadas a un altavoz, que reproduce los sonidos grabados en la película.

Es obvio señalar la importancia que ha jugado en la industria cinematográfica el sonido fotografiado, es decir, la aparición, la

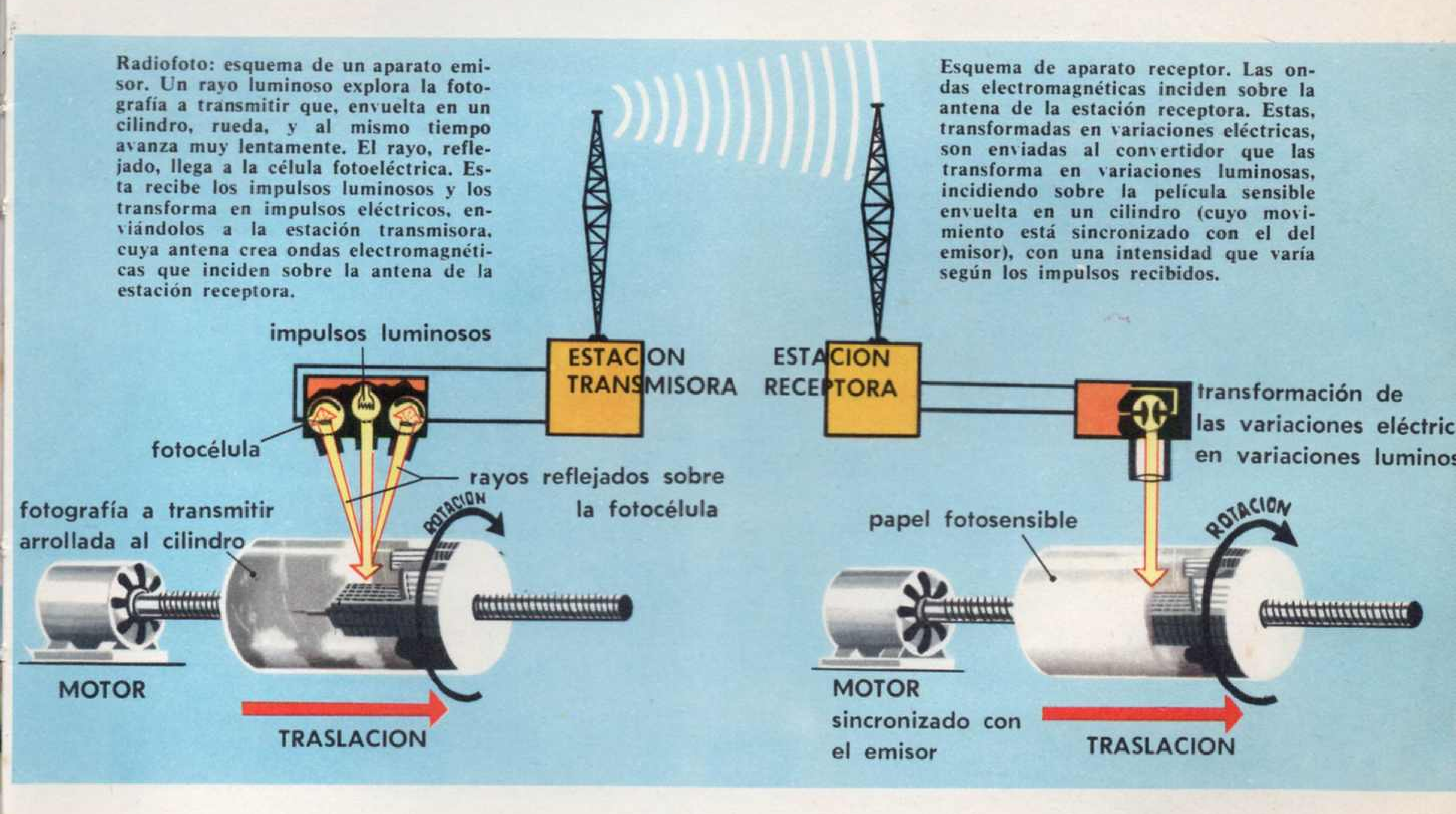
creación del cine sonoro, que acabó, a pesar de los augurios contrarios a él de hombres tan geniales como Charlie Chaplin, con el cine mudo.

También debemos recordar, como hemos hecho al hablar de los radio-transistores, del valor cultural del cine sonoro, pues la imagen, unida al sonido, hace llegar a los lugares y medios más lejanos y dispares, los cantos, las músicas instrumentales, populares y cultas, de todos los países, junto con las obras dra-

vacío y en el cual se ha puesto una placa de metal con una carga explosiva, los electrones, que son negativos, son atraídos por dicha placa.

De este modo se crea una circulación de electrones a través del vacío, exactamente como sucede en un conductor metálico normal.

El tubo electrónico, que hizo perfeccionar los aparatos receptores de radio, condujo gradualmente a otra invención: la televisión.



Radiofoto: esquema de un aparato emisor. Un rayo luminoso explora la fotografía a transmitir que, envuelta en un cilindro, rueda, y al mismo tiempo avanza muy lentamente. El rayo, reflejado, llega a la célula fotoeléctrica. Esta recibe los impulsos luminosos y los transforma en impulsos eléctricos, enviándolos a la estación transmisora, cuya antena crea ondas electromagnéticas que inciden sobre la antena de la estación receptora.

Esquema de aparato receptor. Las ondas electromagnéticas inciden sobre la antena de la estación receptora. Estas, transformadas en variaciones eléctricas, son enviadas al convertidor que las transforma en variaciones luminosas, incidiendo sobre la película sensible envuelta en un cilindro (cuyo movimiento está sincronizado con el del emisor), con una intensidad que varía según los impulsos recibidos.

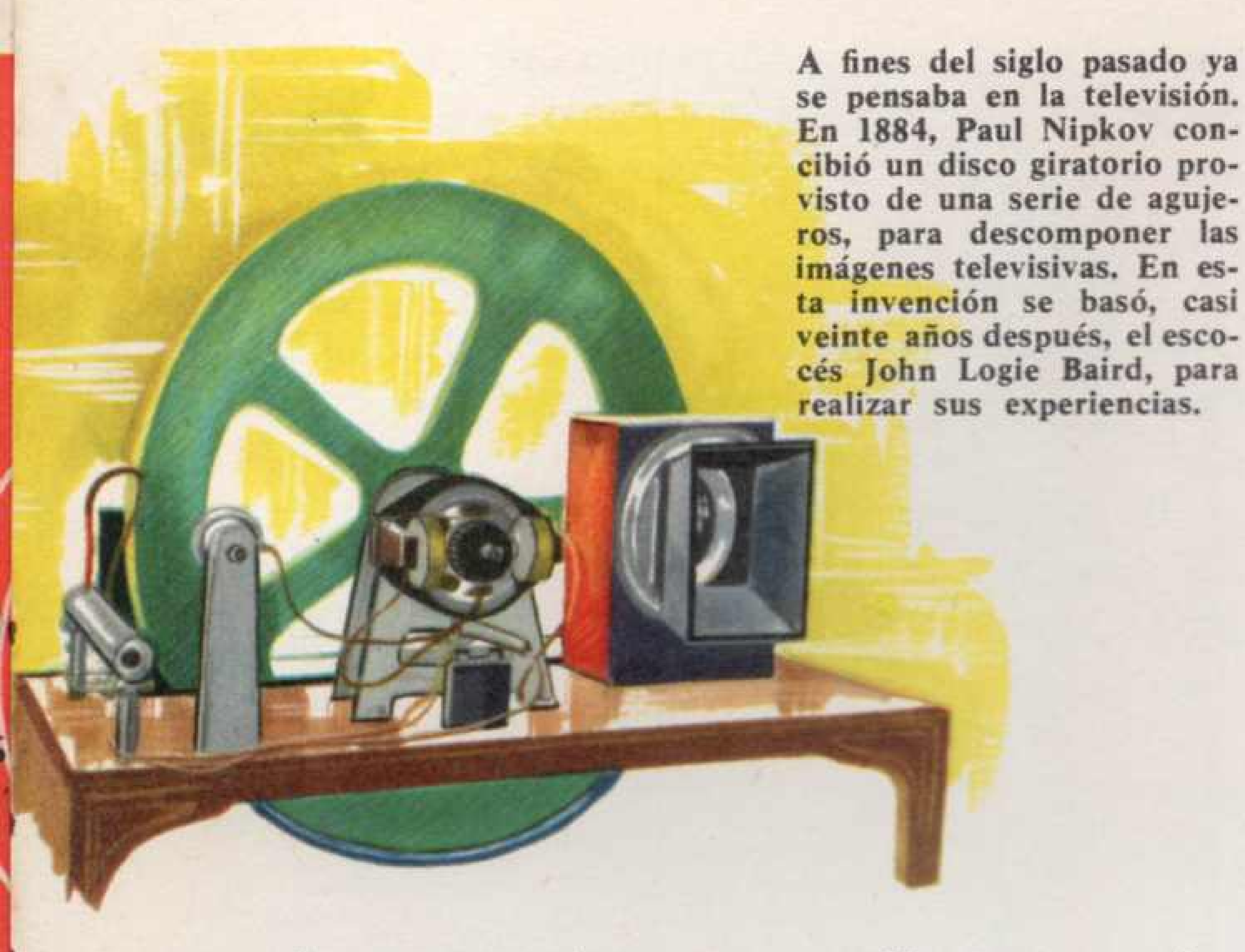
máticas que presentan a sociedades y países de toda la Tierra.

Con la célula fotoeléctrica, combinada con las radio-ondas, se transmiten fotografías a través del espacio.

Paralelamente al descubrimiento de la célula fotoeléctrica se procedía a la realización del tubo electrónico, basado en el siguiente principio: si se eleva un hilo, en general de tungsteno, a determinada temperatura, éste emite electrones; y si luego el hilo se introduce en un tubo en el que se ha hecho el

El principio fundamental de la televisión fue visto claramente, en 1884, por el estudiante berlinés Paul Nipkov, mediante un disco giratorio en el que había practicado una serie de orificios en espiral y luego había interpuesto el disco entre un objeto y una capa de selenio, de modo que éste último se iluminaba diferentemente, según la intensidad de la luz que pasaba a través de los orificios.

Sabemos que el selenio cuando recibe una mayor iluminación es más resistente al paso de la corriente eléctrica y que, por el contra-



A fines del siglo pasado ya se pensaba en la televisión. En 1884, Paul Nipkov concibió un disco giratorio provisto de una serie de agujeros, para descomponer las imágenes televisivas. En esta invención se basó, casi veinte años después, el escocés John Logie Baird, para realizar sus experiencias.

rio, cuanto menor es aquélla tanto mejor conductor es este metal.

Por ello, haciendo atravesar al selenio por una corriente eléctrica, ésta salía modulada y variaba el fluido luminoso de una lámpara puesta detrás de otro disco igual al primero, que rodaba a la misma velocidad. De este modo, los rayos luminosos, que tenían una intensidad variable, proyectados sobre una pantalla a través de los agujeros del disco giratorio, reproducían el objeto.

Con esto Nipkov había descubierto el principio de la televisión, que consiste en descomponer una imagen en una serie de puntos pequeñísimos y transmitirlos en forma de impulsos eléctricos, más o menos intensos, al receptor, que los vuelve a ordenar en sincronización con el transmisor.

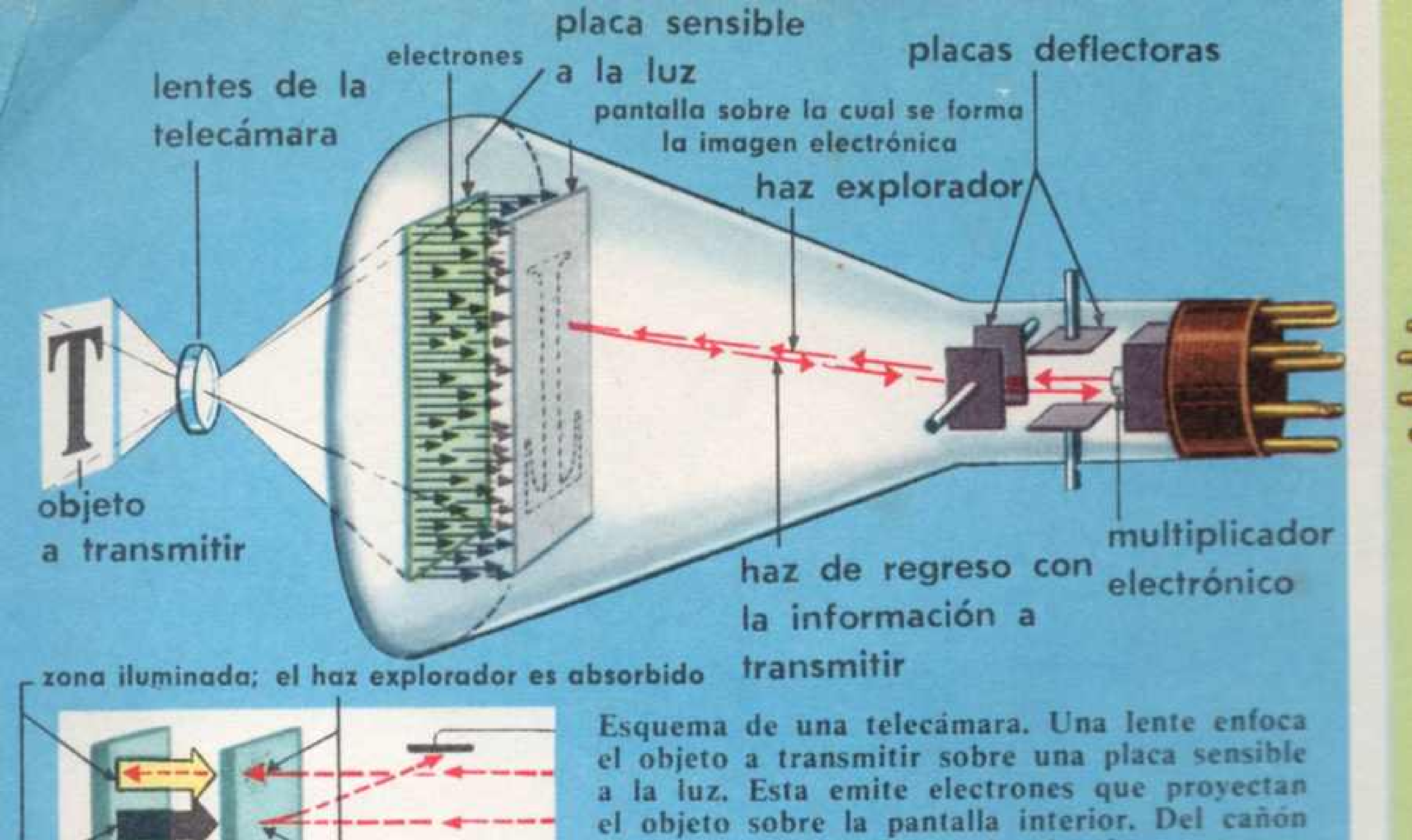
El estudiante berlinés no intuyó la posibilidad de aplicación de su precioso descubrimiento, seguramente porque aún no se había descubierto la telegrafía sin hilos.

Los experimentos de Nipkov fueron proseguidos mucho más tarde por el escocés John Logie Baird, quien con un disco similar al de aquél, consiguió transmitir en 1924 la imagen de una cruz de Malta, repitiendo en 1926 el experimento, casi completamente conseguido, con la figura humana, ante una comisión de científicos.

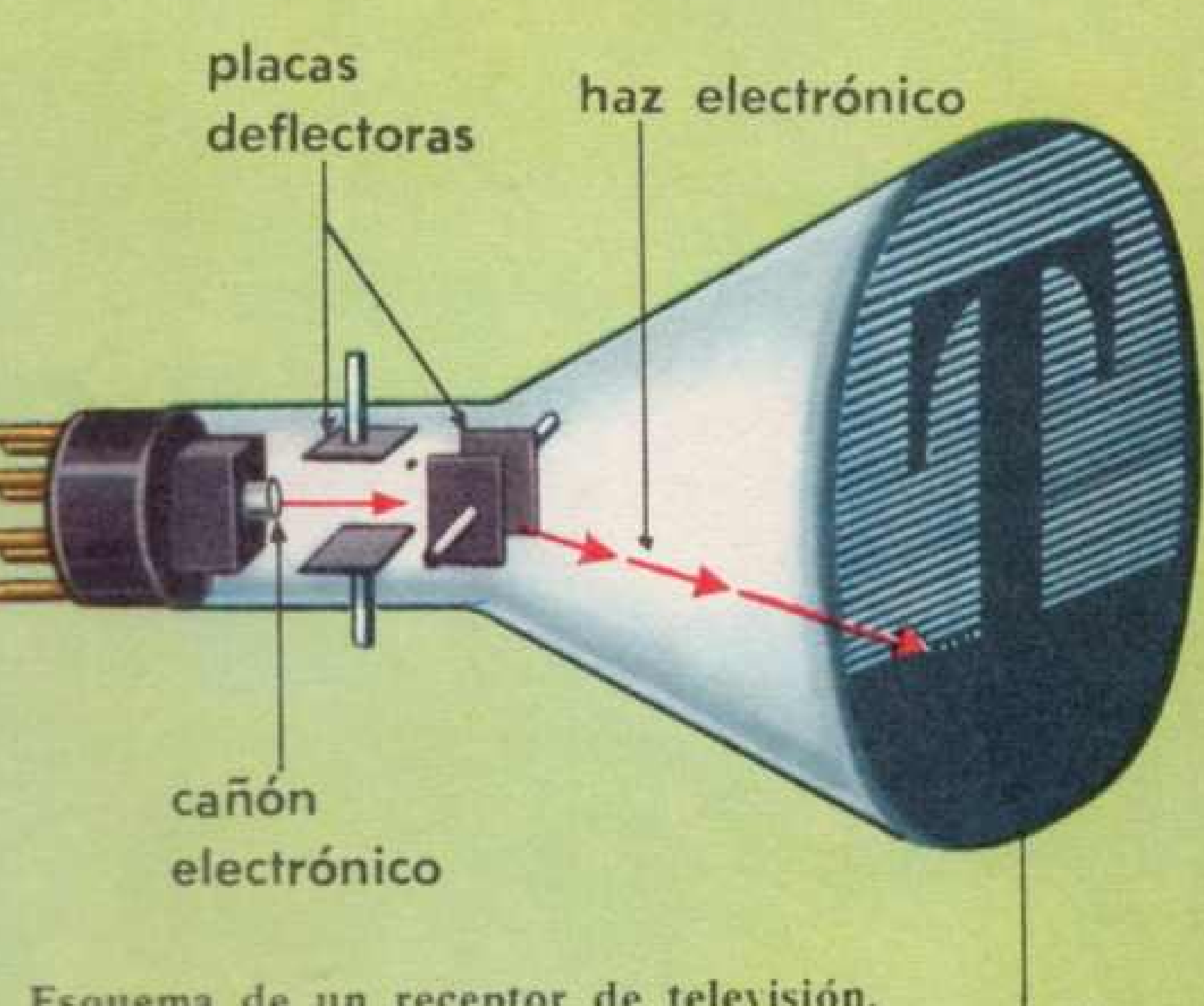
Otras invenciones afianzaron el descubrimiento de la televisión, como el iconoscopio, construido en 1923 por Wladimir Zworkin, y el tubo analizador de Farnsworth, que permitieron realizar una emisión nítida y natural de la imagen.

El funcionamiento de la televisión es el siguiente: el objeto a transmitir se encuentra delante del aparato tomavistas (telecámara), iluminado por potentes reflectores. La telecámara está constituida: *a*) por una lente con la que se enfoca la imagen; *b*) por una pantalla formada por una lámina de mica recubierta de pequeñas celdas de un compuesto de plata y cesio sensible a la luz (célula fotoeléctrica). Esta placa lleva en la parte posterior una placa metálica conectada con un electrodo; *c*) por un tubo de rayos catódicos,

Baird consiguió en 1928 transmitir breves tomas de vistas de personas reunidas en su estudio de Londres. Un año y medio más tarde, la B. B. C. comenzó las emisiones de televisión con instalaciones tipo Baird.



Esquema de una telecámara. Una lente enfoca el objeto a transmitir sobre una placa sensible a la luz. Esta emite electrones que proyectan el objeto sobre la pantalla interior. Del cañón electrónico sale un penacho de electrones que explora la pantalla en sentido vertical. Algunos rayos retenidos y otros, que forman el penacho de regreso y que son portadores del impulso a transmitir, son rechazados. Los impulsos son multiplicados por el amplificador electrónico.



Esquema de un receptor de televisión. Del cañón electrónico del cinescopio sale el penacho electrónico dirigido por las placas magnéticas a la pantalla. El haz de electrones, en un recorrido en sentido horizontal, explora muy rápidamente la pantalla y ésta, recubierta de una substancia resplandeciente y golpeada por los electrones, reproduce la imagen.

es decir, un tubo que emite un haz de cargas eléctricas velocísimas o electrones. La luz reflejada por el objeto que se encuentra ante la telecámara incide sobre la pantalla, es decir, sobre todas las células de la pantalla, cada una de las cuales produce una corriente eléctrica débil o fuerte, según que den sobre ella rayos más o menos intensos. Y así se forma sobre la pantalla la imagen eléctrica.

El penacho de rayos catódicos recorre la pantalla a gran velocidad, de derecha a izquierda y de arriba a bajo, es decir, analiza con una serie de líneas (625 en un 25^{avo} de segundo) la imagen eléctrica, pasa sobre todas las células y a cada una restituye los electrones que ha emitido. Así se restablece el equilibrio mientras que en la capa metálica posterior a la placa se forma, por inducción, una corriente, con la misma intensidad y debilidad de la imagen eléctrica de la pantalla, llamada corriente de imagen. La corriente de imagen se carga y amplifica sobre la radio-onda que recoge también la onda sonora en la que son transformadas las vibraciones sonoras y es lanzada al espacio por la antena. Lo mismo que en la radio hay radio-onda, onda portadora y onda sonora, en TV hay onda radio-onda, onda sonora y corriente de imagen.

La antena receptora capta este conjunto de ondas y de corriente y, a través de un cable, las conduce al aparato de televisión que

Captación de imagen y transmisión televisiva. La cámara tomavistas capta la escena a transmitir. Las imágenes son transformadas en impulsos eléctricos, mientras un micrófono convierte las ondas sonoras en impulsos. Todos estos impulsos son enviados al conjunto de amplificadores transmisores y de aquí a la antena. La antena crea ondas electromagnéticas que, irradiándose, inciden sobre la antena receptora de la que pasan al televisor donde los impulsos eléctricos vuelven a ser transformados en imágenes y sonidos.

micrófono
ANTENA TRANSMISORA
ONDAS ELECTROMAGNETICAS
ANTENA RECEPTORA
ESCENARIO
TELECAMARA
SALA DE REGISTRO AUDIO-VISUAL
INSTALACION DE APARATOS AMPLIFICADORES Y TRANSMISORES
APARATO RECEPTOR



Por medio de una pantalla de televisión en circuito cerado, un gran número de estudiantes puede presenciar importantes intervenciones quirúrgicas en todos sus detalles, lo mismo que si estuviesen junto a la mesa de operaciones.

tenemos en casa. La onda TV entra en nuestro aparato, donde unas treinta válvulas la refuerzan y seleccionan. Lo mismo que en la radio la onda portadora se separa de la onda sonora, en la TV la onda portadora se separa de la corriente de imagen y de la onda sonora. La onda sonora es dirigida al altavoz, donde se transforma de nuevo en sonido y la corriente de imagen se cambia en imagen eléctrica, es decir, llega a la gran ampolla en la que hay otro tubo de rayos catódicos y una pantalla fluorescente, que es la pantalla (o cinescopio) de nuestros aparatos.

La pantalla está recubierta de una materia fluorescente que se ilumina cuando inciden sobre ella los rayos de los electrones (rayos catódicos) y, cuanto más intenso es el rayo, tanto más luminosa es la pantalla. Se comprende que los rayos electrónicos, que tienen el mismo impulso de corriente de imagen, pinten, por decirlo así, en tantos puntos, más vivos o más apagados, al objeto que se ha puesto ante la telecámara. Y así, gracias a la persistencia de la imagen en la retina de nuestro ojo y a la intervalación de las líneas de análisis, la imagen se presenta compacta y en movimiento.

Existen instalaciones de televisión que transmiten las imágenes en circuito cerrado; se usan en los grandes establecimientos, como en hospitales y clínicas quirúrgicas, para que los estudiantes puedan ver las operaciones y en grandes empresas industriales y comerciales para vigilar el funcionamiento de sus diferentes secciones y máquinas.

También en la industria ha adquirido gran importancia la televisión. Con ella se pueden controlar varias fases de la producción del hierro y del acero en el interior de los altos hornos, evitando graves daños al material y a los hombres y obteniendo una notable economía de tiempo y mano de obra.

INSTRUMENTOS DE AUTORREGULACION Y COMANDO

El automatismo

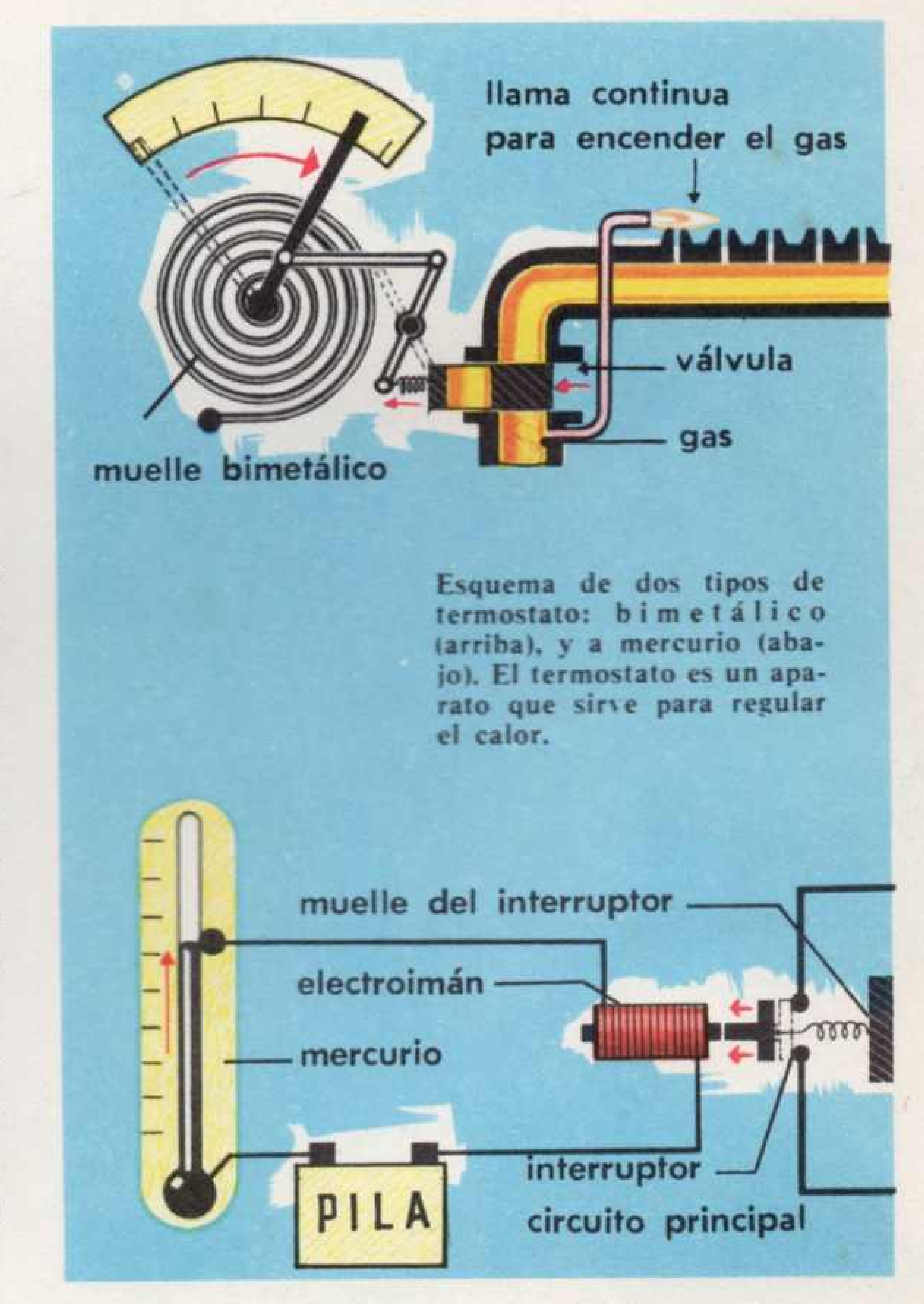
Siempre, y lo venimos repitiendo a través de esta obra, el hombre, con su afán de progresar, de alcanzar nuevas cumbres que le den un mayor bienestar y una mayor libertad, ha ido perfeccionando los instrumentos de trabajo, en un principio groseros y toscos, luego más complejos, hasta llegar a la consecución de lo que, sin ningún rigor científico, pero con un sentido bastante claro, hemos dado en llamar máquina.

El hombre tiende a hacer realizar a la máquina el mayor número de operaciones, reservándose sólo la misión de proporcionarle la materia que debe transformar, guiarla y regularla.

En este campo las máquinas son, primero, semiautomáticas, para ser luego completamente automáticas y realizar una producción mayor y más uniforme y ahorrar trabajo y fatiga al hombre.

Una máquina es verdaderamente automática cuando está dotada de dispositivos capaces de controlar su funcionamiento.

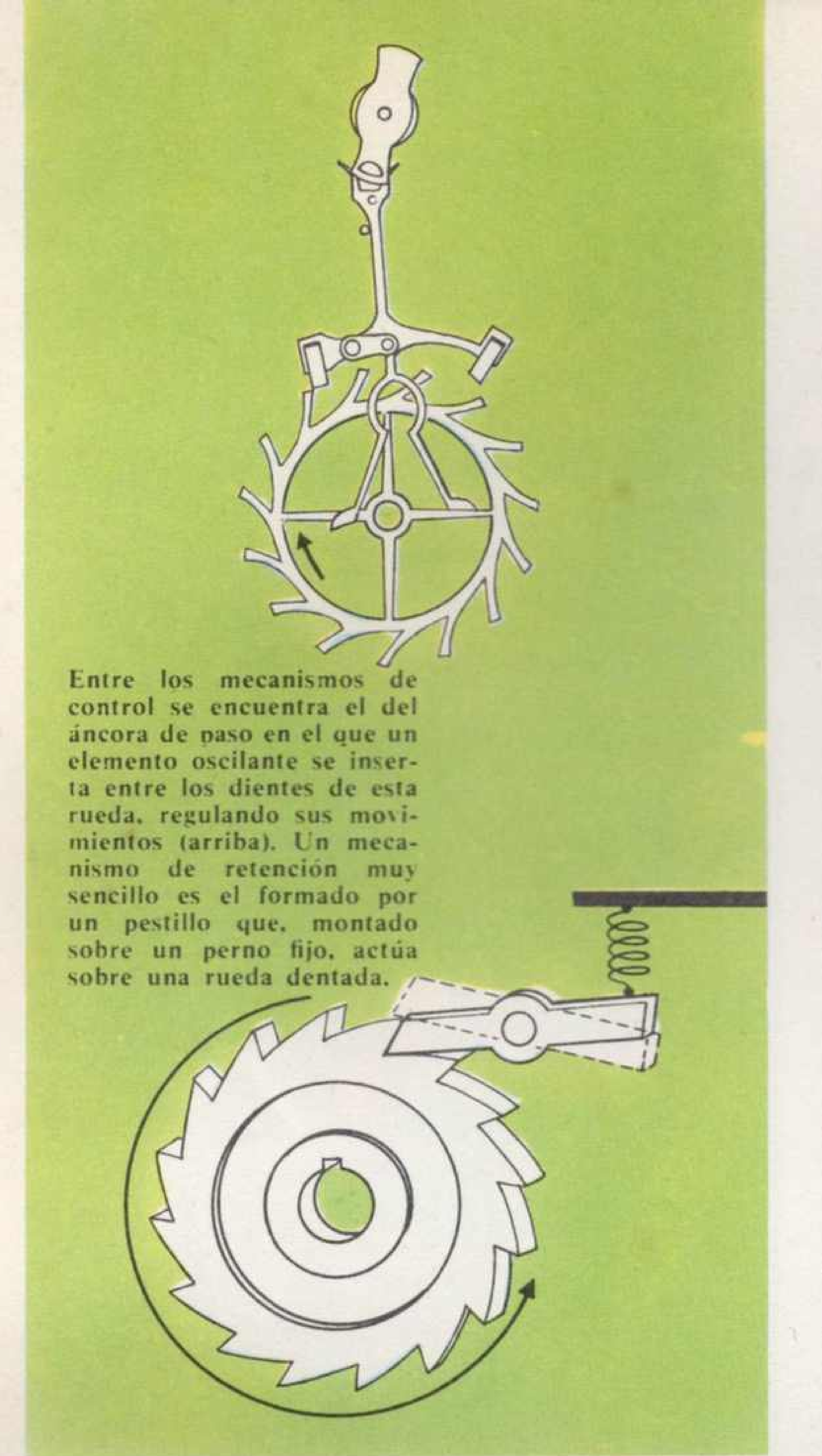
El problema más importante que se ha



Esquema de dos tipos de termostato: bimetálico (arriba), y a mercurio (abajo). El termostato es un aparato que sirve para regular el calor.



Determinados tipos de cocinas y los calentadores de agua que empleamos en los cuartos de baño, están provistos de termostatos. Con este utilísimo aparato se tiene la seguridad de mantener el agua a la temperatura deseada.



Entre los mecanismos de control se encuentra el del áncora de paso en el que un elemento oscilante se inserta entre los dientes de esta rueda, regulando sus movimientos (arriba). Un mecanismo de retención muy sencillo es el formado por un pestillo que, montado sobre un perno fijo, actúa sobre una rueda dentada.

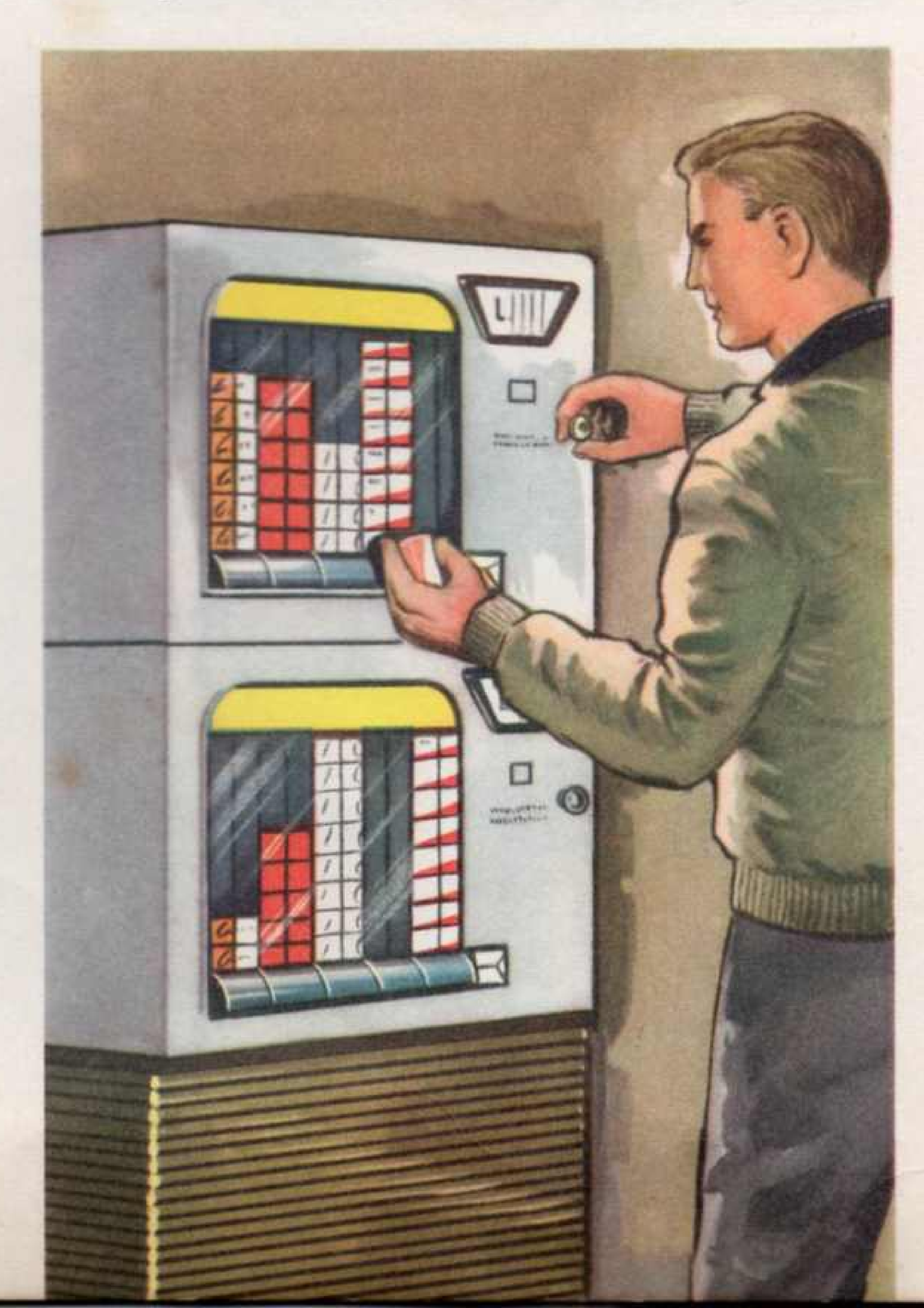
presentado a los científicos en la nueva revolución industrial, llamada del automatismo, ha sido el de crear un sistema de control eficaz y seguro que permitiese aumentar, disminuir o compensar el volumen de energía, eliminar las variaciones ambientales y señalar las irregularidades de funcionamiento, con objeto de mantener a la máquina en las condiciones de funcionamiento ideal.

La idea del control automático no es completamente nueva; su historia se remonta a un siglo y medio. Ya en 1798, James Watt, por ejemplo, inventó un regulador centrífugo para controlar la presión de la máquina de vapor, que se emplea todavía hoy, y, de hecho, es el fundamento de todos los dispositivos de control.

El principio en que se basa es el siguiente: un defecto o un exceso provoca una reacción contraria que tiende a restablecer el equilibrio.

El regulador de Watt está conectado con el árbol de salida del motor, por medio de dos engranajes, y a la válvula que facilita la entrada del vapor a través de una leva o brazo. Cuando se pone en marcha el motor, el dispositivo comienza a rodar y las dos esferas que constituyen el regulador, formadas

Las máquinas automáticas han hecho más rápida y exacta la producción. He aquí una máquina embotelladora.
Otros aparatos mecánicos muy difundidos son los distribuidores automáticos de cigarrillos, bebidas, caramelos, etc. (a la derecha).



de una materia pesada, se elevan por efecto de la fuerza centrífuga. Si la velocidad aumenta, las esferas se alejan del eje vertical, poniendo en movimiento el brazo conectado a la válvula, que regula la entrada y salida del vapor; la válvula hace disminuir el aflujo del vapor y, con ello, la velocidad de rotación del árbol del motor, hasta que vuelve a su velocidad primitiva.

Lógicamente, los dispositivos de control actuales, aún basándose generalmente en los mismos principios, han adoptado los diferentes descubrimientos que, gradualmente, se han ido realizando.

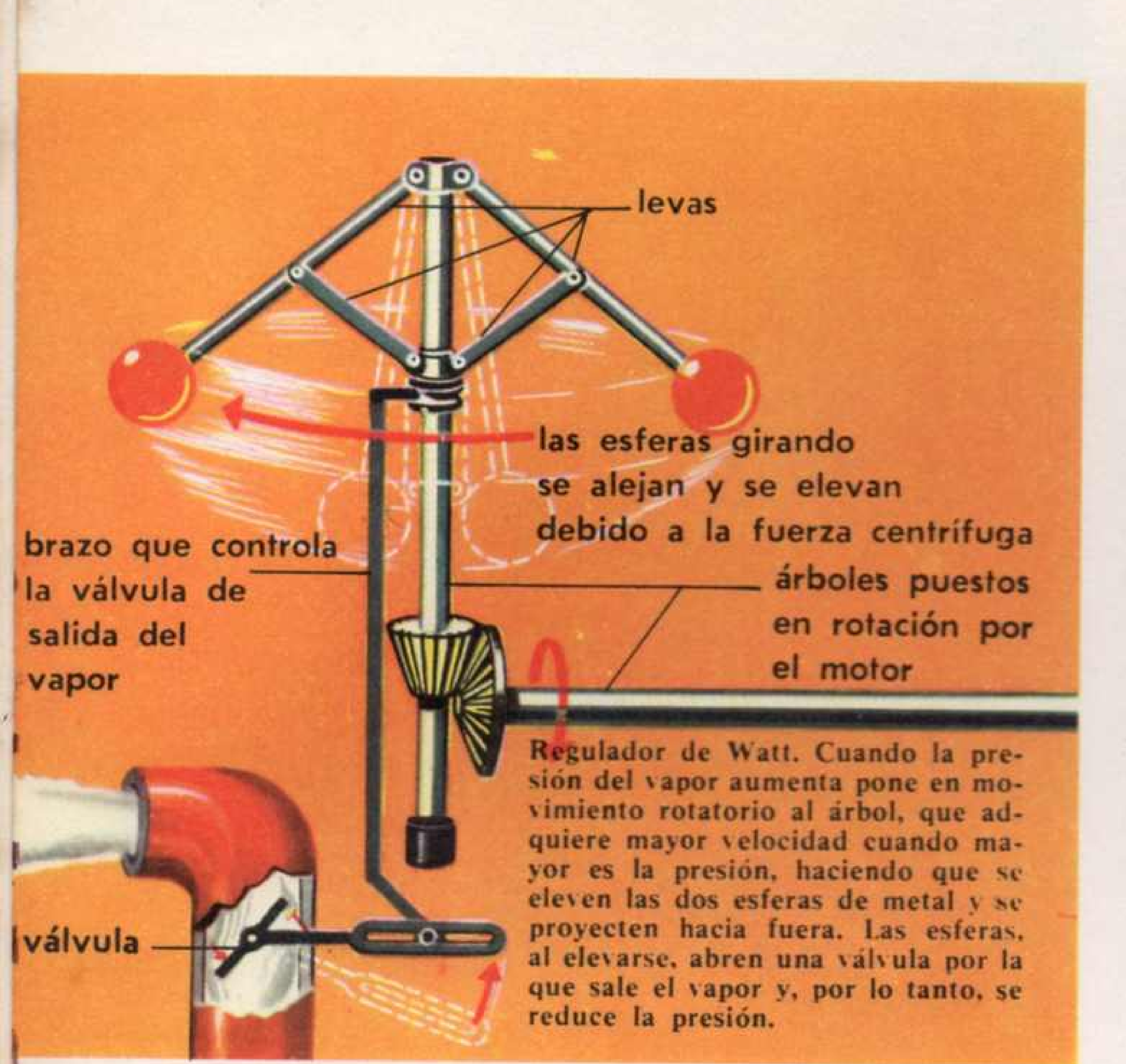
Una de ellas es el termostato, aparato que controla automáticamente la temperatura de un ambiente o de una substancia, cerrando o abriendo el circuito eléctrico que alimenta la fuente de calor.

Para esta operación es necesario: *a*) un termómetro que indique la temperatura; *b*) un interruptor que abra o cierre el circuito que alimenta la fuente de calor; *c*) un instrumento que lea el termómetro y abra o cierre el interruptor en el momento indicado.

Todas estas operaciones las realiza automáticamente el termostato, cuyo tipo más corriente está formado por los siguientes ele-



Hoy, toda gran estación de ferrocarril está dotada de una instalación automática para el control del tráfico de varios centenares de trenes, con una gran economía de personal y una mayor seguridad. En un cuadro luminoso, colocado sobre la mesa de mandos, se tiene continuamente controlada la situación del tráfico.



Regulador de Watt. Cuando la presión del vapor aumenta pone en movimiento rotatorio al árbol, que adquiere mayor velocidad cuando mayor es la presión, haciendo que se eleven las dos esferas de metal y se proyecten hacia fuera. Las esferas, al elevarse, abren una válvula por la que sale el vapor y, por lo tanto, se reduce la presión.



El giróscopo visto en dos tiempos de su rotación. Este instrumento está formado por una rueda que gira sobre un eje que puede rodar en todos los sentidos. El soporte de la rueda puede moverse en todas las direcciones, pero el eje de la rueda no cambia de posición.

mentos: *a*) un elemento sensible formado por una varilla de metal; *b*) un interruptor, y *c*) un dispositivo de regulación.

Veamos cómo funciona. Supongamos que queremos calentar y mantener el agua de un recipiente, por medio de una resistencia eléctrica, a la temperatura de 30° centígrados. Para ello hay que cortar la corriente que alimenta la resistencia, cuando el agua alcanza la temperatura deseada, y volverla a dar cuando baja la temperatura.

En primer lugar, se marca el dispositivo de regulación a 30° y se sumerge la varilla del termostato en el agua; cuando ésta alcanza los 30°, el metal sensible de que está formada la varilla, dilatándose por el calor, hace desprenderse, a través del regulador, el interruptor que cortará la corriente y apagará la resistencia.

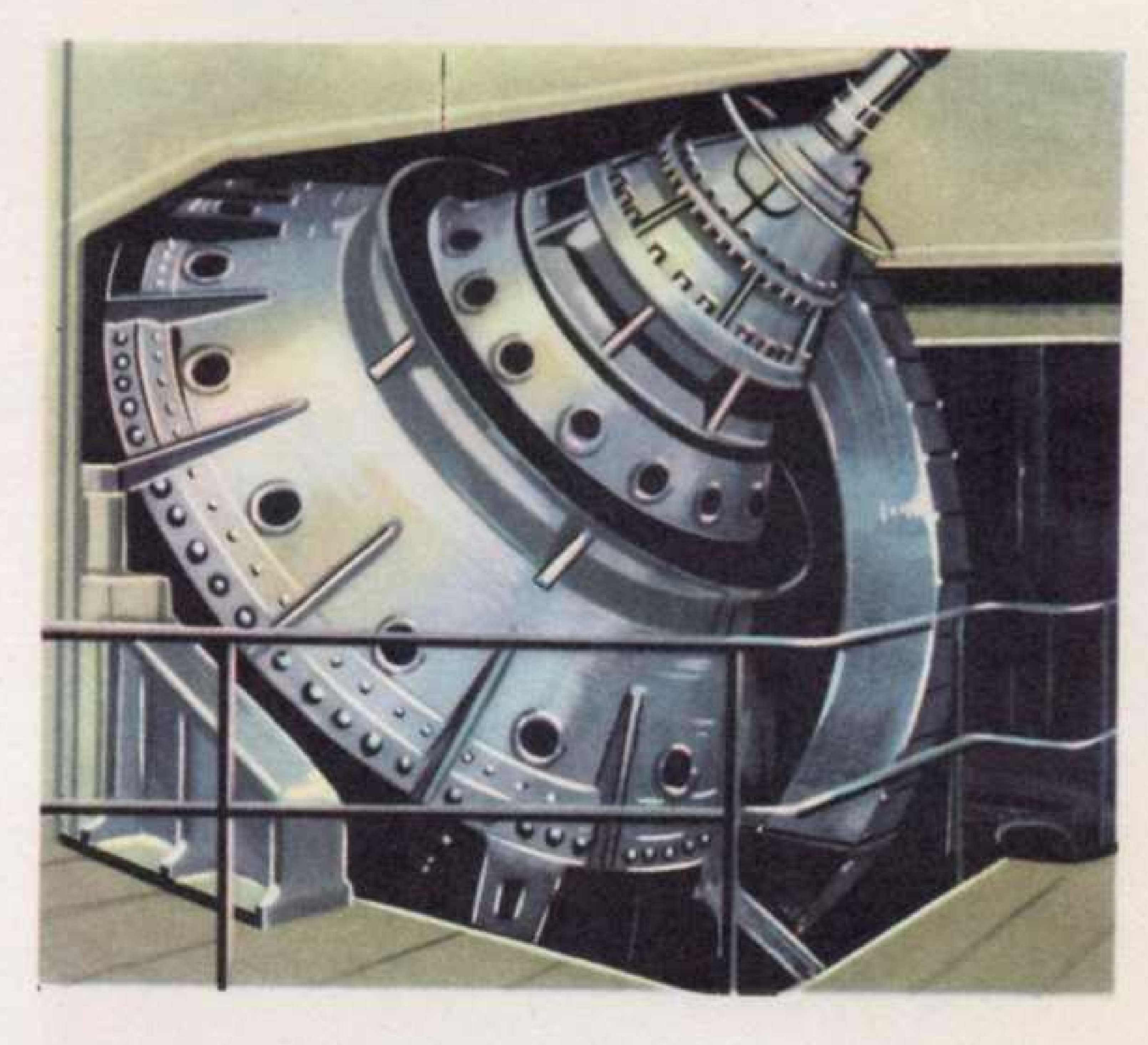
Tras un breve espacio de tiempo, el agua, por razones naturales, tenderá a enfriarse; en este momento la varilla sensible de metal, dilatándose por el calor, disparará el interruptor que conectará de nuevo la corriente con la resistencia que transmitirá calor al agua.

El termostato tiene numerosísimas aplicaciones. Se usa para mantener la temperatura deseada en todos los sistemas de calefacción, en las cocinas eléctricas, en los depósitos de agua caliente, en los motores de los automóviles, etc. También se emplea para el control de la temperatura del aceite lubricante y del agua usada para la refrigeración, e incluso en varios delicados automatismos y mandos a distancia.

Otro instrumento de precisión automática es el giroscopio, instrumento constituido por una rueda montada sobre un soporte, de modo que pueda girar libremente sobre un eje. Haciendo girar a la rueda se observa que el eje permanece estable, es decir, que no varía su orientación aunque se ponga el instrumento cabeza abajo o se incline. Esta característica (mantener invariable la posición del eje), llamada giroscópica, tiene numerosas aplicaciones. Los barcos llevan una brújula giroscópica (que por el efecto ya descrito da una orientación NS permanente) y estabili-

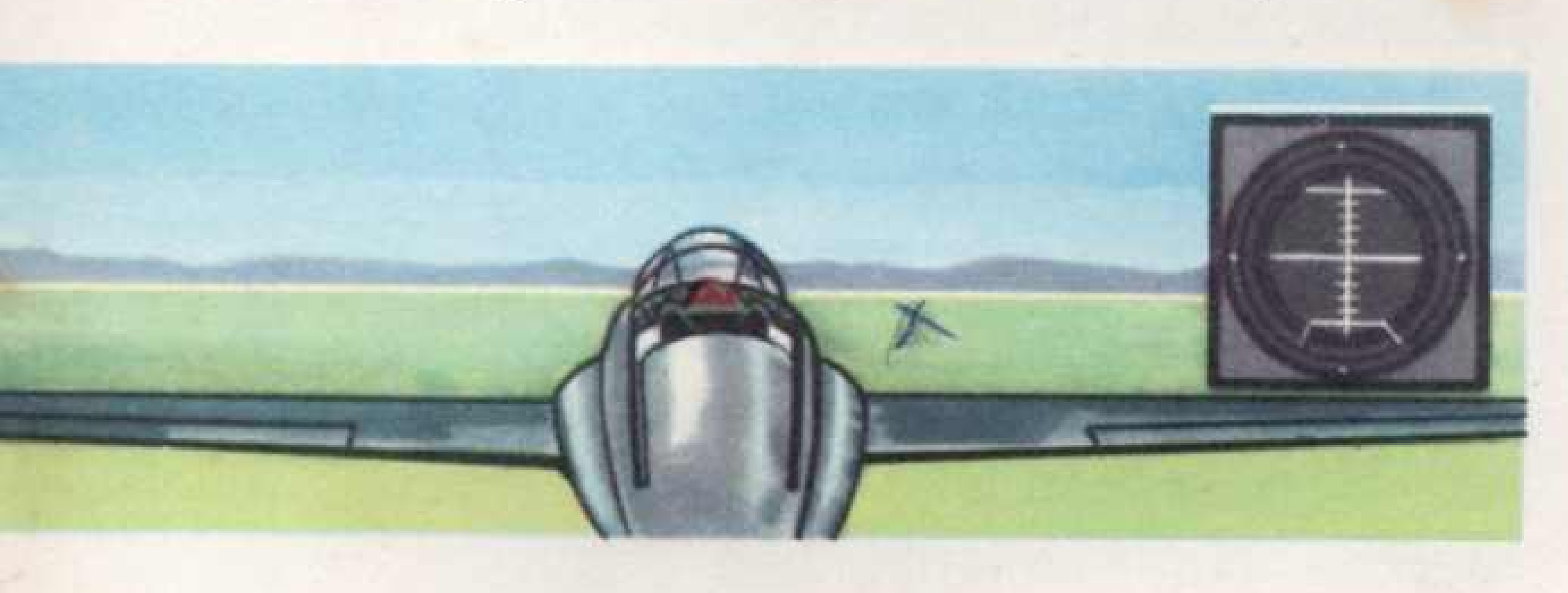
zadores giroscópicos que amortiguan el movimiento producido por las olas. Los torpedos van provistos de timones a dirección giroscópica para poder corregir por sí mismos las desviaciones producidas por las olas. Pero el uso más importante del giroscopio es el que se hace para dirigir automáticamente los aviones (piloto automático). Con la era de los misiles se abre un nuevo campo para la aplicación del giroscopio, que ya se ha mostrado indispensable para dirigir los cohetes.

También se ha ideado varios modos de control y de intervención automática. En general los trenes son dirigidos por mandos centralizados. Para evitar posibles accidentes, imputables a las distracciones del personal de la máquina, se ha adoptado, entre otros, el sistema de repetición, en la cabina del conductor, de las señales colocadas a lo largo de la vía. Un dispositivo envía ciertos impulsos electrónicos a una cajita colocada en el interior de la vía. Los impulsos son captados por un aparato colocado bajo la locomotora, que repite sobre el cuadro indicador de la cabina del maquinista las señales emitidas por los semáforos. Otro dispositivo, llamado unidad de control, vela por que las órdenes recibidas por el maquinista sean ejecutadas

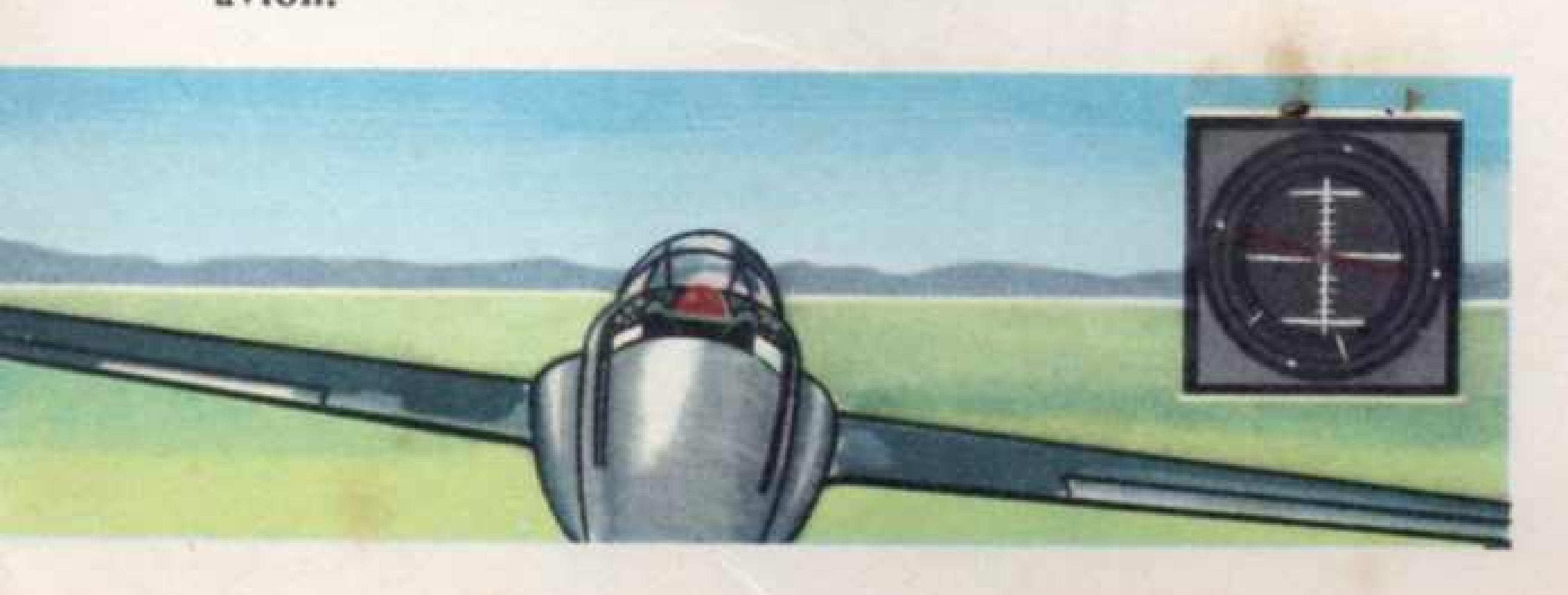


rápida y exactamente. Cuando, por ejemplo, el tren cruza una señal de vía libre, el maquinista debe bajar un pulsador llamado de vigilancia; si no lo hace, la unidad de control frena automáticamente el tren.

Estos son algunos ejemplos del control automático y de sus dispositivos que, junto a otros descubrimientos que vamos a estudiar a continuación, han creado las bases de una nueva revolución industrial, la era de la automación.



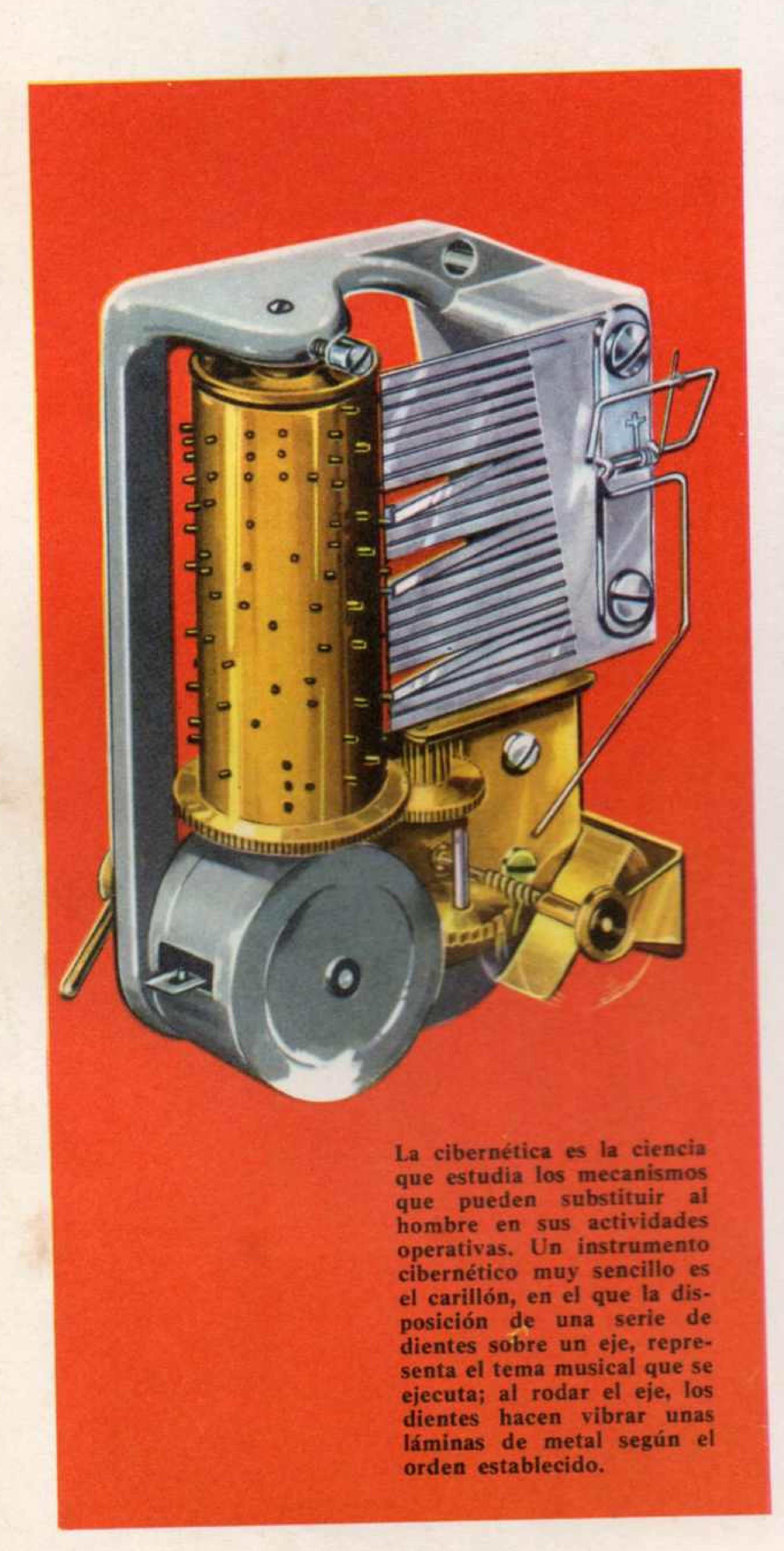
En la navegación aérea, el giróscopo es de gran utilidad. Mediante el horizonte artificial giroscópico, el piloto (a la derecha), puede medir la inclinación transversal y longitudinal del avión.



En los navíos, los modernos estabilizadores están formados por enormes giróscopos que eliminan las oscilaciones de balanceo (arriba). También la brújula giroscópica es muy útil en la navegación, por su gran sensibilidad para orientarse (abajo).



CEREBROS ELECTRONICOS



La cibernética es la ciencia que estudia los mecanismos que pueden substituir al hombre en sus actividades operativas. Un instrumento cibernético muy sencillo es el carillón, en el que la disposición de una serie de dientes sobre un eje, representa el tema musical que se ejecuta; al rodar el eje, los dientes hacen vibrar unas láminas de metal según el orden establecido.

Máquinas que piensan

Ya hemos visto cómo después de inventar la máquina se ha tratado de hacerla cada vez más potente, rápida y exacta, y, finalmente, automática.

Pero el automatismo no quiere decir que se haya llegado ya a la meta, sino más bien al comienzo de una nueva fase de la mecanización que se realiza como una revolución verdadera que lleva el nombre de automación.

Entre la mecanización y la automación existe la siguiente diferencia: en la primera se ha tratado de independizar a la máquina, es decir, de hacerla automática; en la segunda, en continuo perfeccionamiento, se ha tratado de llegar a una organización del trabajo con objeto de una mejor utilización de los recursos mecánicos, materiales y humanos.

Se quiere llegar, aprovechando la máquina automática y enlazando sus posibilidades y funciones, a la fábrica en la que baste pulsar unos botones para que todo se ponga en marcha. Naturalmente, una organización de este tipo exige una serie de cálculos, comprobaciones y deducciones coordinadas que difícilmente la mente humana puede realizar en poco tiempo. Para vencer esta dificultad se han inventado máquinas capaces de realizar estas tareas, construido verdaderas máquinas pensantes con posibilidad de ser empleadas en los campos más diversos.

De este modo ha surgido una nueva ciencia, la cibernética, que tiene como misión crear máquinas que substituyan la actividad puramente mecánica del cerebro humano.

Un ejemplo sencillo de instrumento cibernético es el carillón: en el cilindro se han dispuesto unos dientes que cuando éste se pone en movimiento hacen vibrar las cuerdas según un orden establecido.

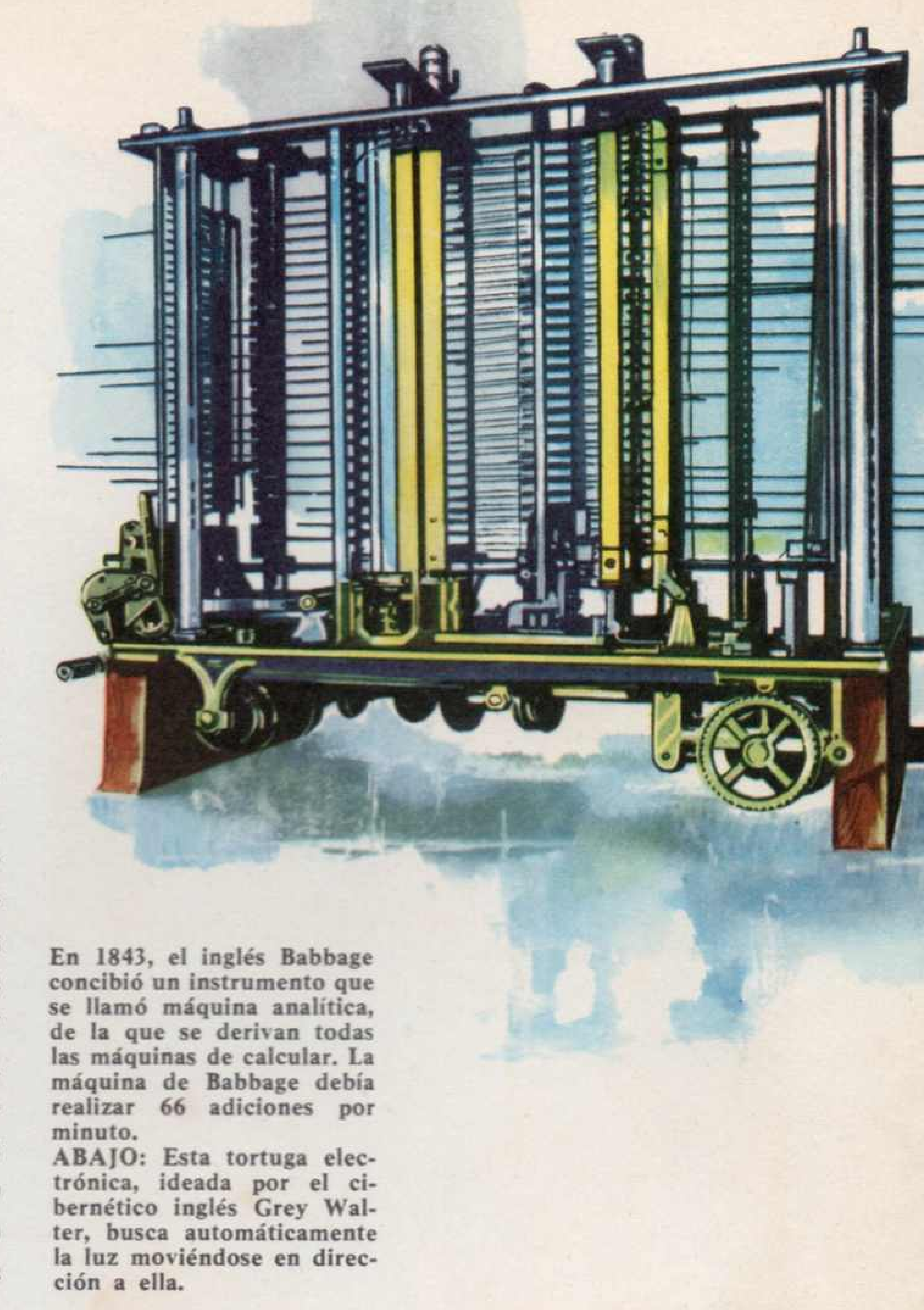
Ya en 1642 Blaise Pascal inventó una máquina de calcular, y en los primeros decenios del siglo XIX Charles Babbage construyó una máquina en la que se podía hacer toda clase de operaciones aritméticas. En 1850 se concibió la primera máquina de calcular con teclado, de la que se han inspirado las modernas calculadoras mecánicas usadas en todas las oficinas. Estas calculadoras, basadas en un movimiento de engranajes que anotan los números y realizan los cálculos, necesitan, sin embargo, la intervención constante del hombre; son útiles para realizar operaciones sencillas, pero insuficientes para realizar cálculos complicados rápidamente. La posibilidad de realizar dichos cálculos a una velocidad muy superior a la del cerebro humano sólo se ha conseguido tras la invención y empleo de dispositivos electrónicos. En ellas, no son los engranajes quienes realizan el trabajo, sino los electrones. De este modo se ha podido construir el cerebro electrónico, capaz de realizar operaciones lógicas y matemáticas.

Naturalmente, el cerebro electrónico no puede realizar dichas operaciones solo, pero las efectúa a una rapidez prodigiosa respondiendo al programa preparado por matemáticos, físicos e ingenieros especializados, y en el cual el problema ha sido descompuesto en sus operaciones elementales y hasta indicado su orden.

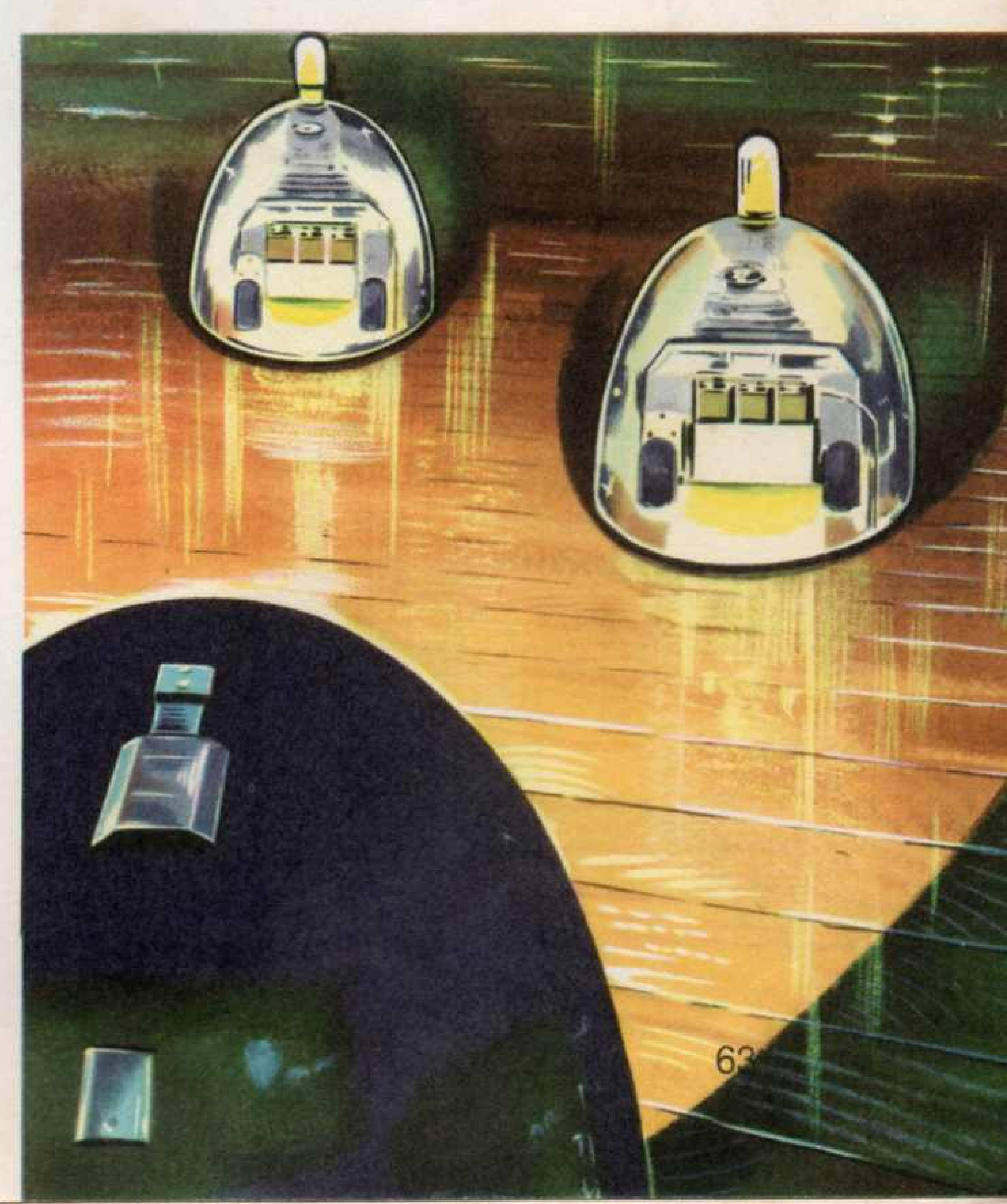
Los datos del problema, es decir, las instrucciones, son en general registradas por medio de perforaciones en una ficha o banda, por un operador, en una máquina de escribir con un lenguaje especial.


Leídos por una célula fotoeléctrica, los datos se acumulan en la memoria del calculador, elaborados por el circuito electrónico, que realiza las operaciones ordenadas por el programa y da los resultados por escrito. Todo esto se realiza en un plazo brevísimo.

Como se puede comprender, esta nueva y



En 1843, el inglés Babbage concibió un instrumento que se llamó máquina analítica, de la que se derivan todas las máquinas de calcular. La máquina de Babbage debía realizar 66 adiciones por minuto.
ABAJO: Esta tortuga electrónica, ideada por el cibernético inglés Grey Walter, busca automáticamente la luz moviéndose en dirección a ella.




El calculador, formado por un circuito electrónico estampado, compuesto de muchísimas válvulas y transistores, elabora los datos conservados en la «memoria».
La «memoria» está constituida por un núcleo de rejillas y de cilindros magnéticos; acumula los datos enviados por la célula fotoeléctrica y los presenta al calculador.
4
3
Con los datos se ha obtenido la solución: la respuesta es enviada por medio de impulsos eléctricos y grabada en las bandas magnéticas.
5
2
Una máquina con un cuadro luminoso controla el funcionamiento de los diferentes mecanismos.
7
La banda pasando ante una fuente de luz deja filtrar rayos luminosos por cada una de sus perforaciones; estos rayos son transformados por la célula fotoeléctrica en impulsos eléctricos que llegan a la «memoria».
1
6
Las bandas magnéticas envían los resultados a una pantalla de televisión y a un traductor electrónico, que las imprime en palabras.
El cerebro electrónico es un conjunto de máquinas que puede resolver difíciles problemas mediante su descomposición en partes más sencillas. Primero un operador prepara las bandas perforadas – que contienen una serie de instrucciones que son enviadas a una célula fotoeléctrica.

maravillosa invención tiene una posibilidad de aplicación casi ilimitada.

Una máquina del "Numerical Automation Department" del "Birbeck College", de Londres, puede registrar en su memoria 10.000 palabras en cada lengua y realizar la traducción en un tiempo muy breve.

Otras calculadoras a fichas perforadas dan respuestas exactas y rápidas. Imaginemos que un servicio estadístico médico quiera saber el número de mujeres casadas que han padecido de diabetes, entre los 30 y los 40 años, en 1964. Seleccionando por medio de la calculadora todas las fichas en las cuales se ha anotado la edad, el sexo, el estado civil y la enfermedad sufrida, en muy poco tiempo se obtiene la respuesta deseada.

Para comprender el funcionamiento de la nuevas máquinas de calcular, hay que comprender, antes que nada, que el circuito de éstas es capaz de responder sólo en dos circunstancias: cuando dejan pasar la corriente, y cuando no la dejan pasar.

Un cerebro electrónico como el *Univac* modelo 1, realiza en un minuto 1.950 sumas o restas de doce cifras, 465 multiplicaciones, 257 divisiones, y establece 2.750 igualdades.

Como ya hemos dicho al comienzo de este capítulo, los cerebros electrónicos son de gran utilidad en la automación. Si analizamos las fases de un trabajo, comprobaremos que casi en cada instante hay que realizar un cálculo para llevar a efecto una nueva maniobra. Estos cálculos nos hacen perder mucho tiempo. Pero ¿qué sucede si se incluye en un programa los movimientos necesarios, los cálculos, los tiempos, elaboración, etc., y lo confiamos a una calculadora electrónica? Esta, luego de elaborar las nociones o datos que se le han dado, en vez de responder con cálculos o cifras estadísticas, actuará sobre los instrumentos de mando de las máquinas, dirigiendo el trabajo de toda la fábrica.

Los cerebros electrónicos ofrecen al hombre posibilidades maravillosas, pero éste no debe dejarse vencer por ellos, sino por el contrario, servirse de ellos para alcanzar un mayor bienestar de toda la sociedad.

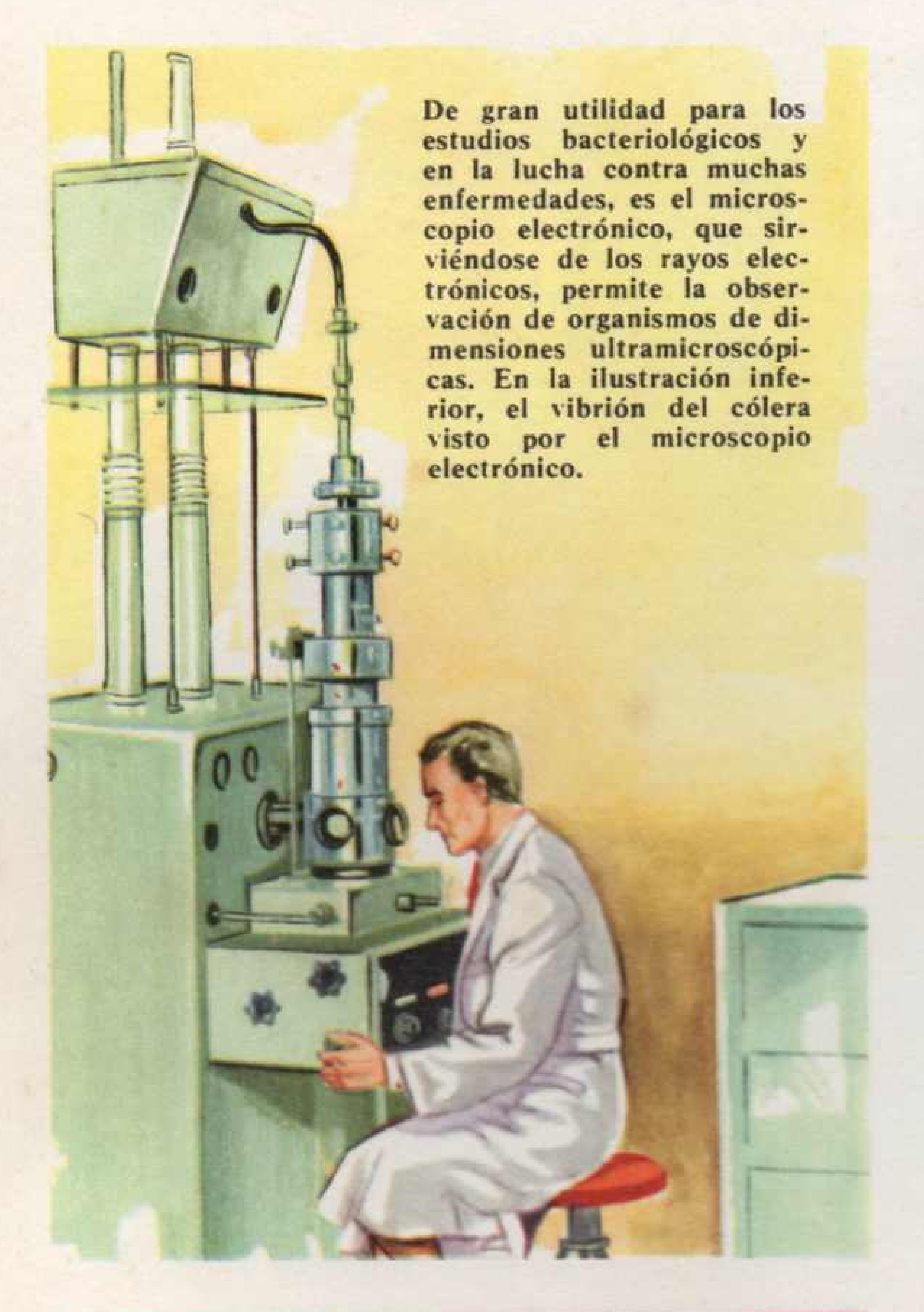
Y no estará por demás insistir en el valor de estas máquinas y otras, que la ciencia y la técnica han puesto en movimiento. Pero a este respecto hay que insistir, subrayándolo con grandes trazos, que la máquina debe ser siempre un servidor del hombre y no el hombre encontrarse dominado por la máquina. Esto lo podemos comprender más fácilmente los países que poseemos una profunda herencia humanística, sobre todo cuando observamos el papel cada vez más absorbente, dominante sería mejor decir, de la máquina, que



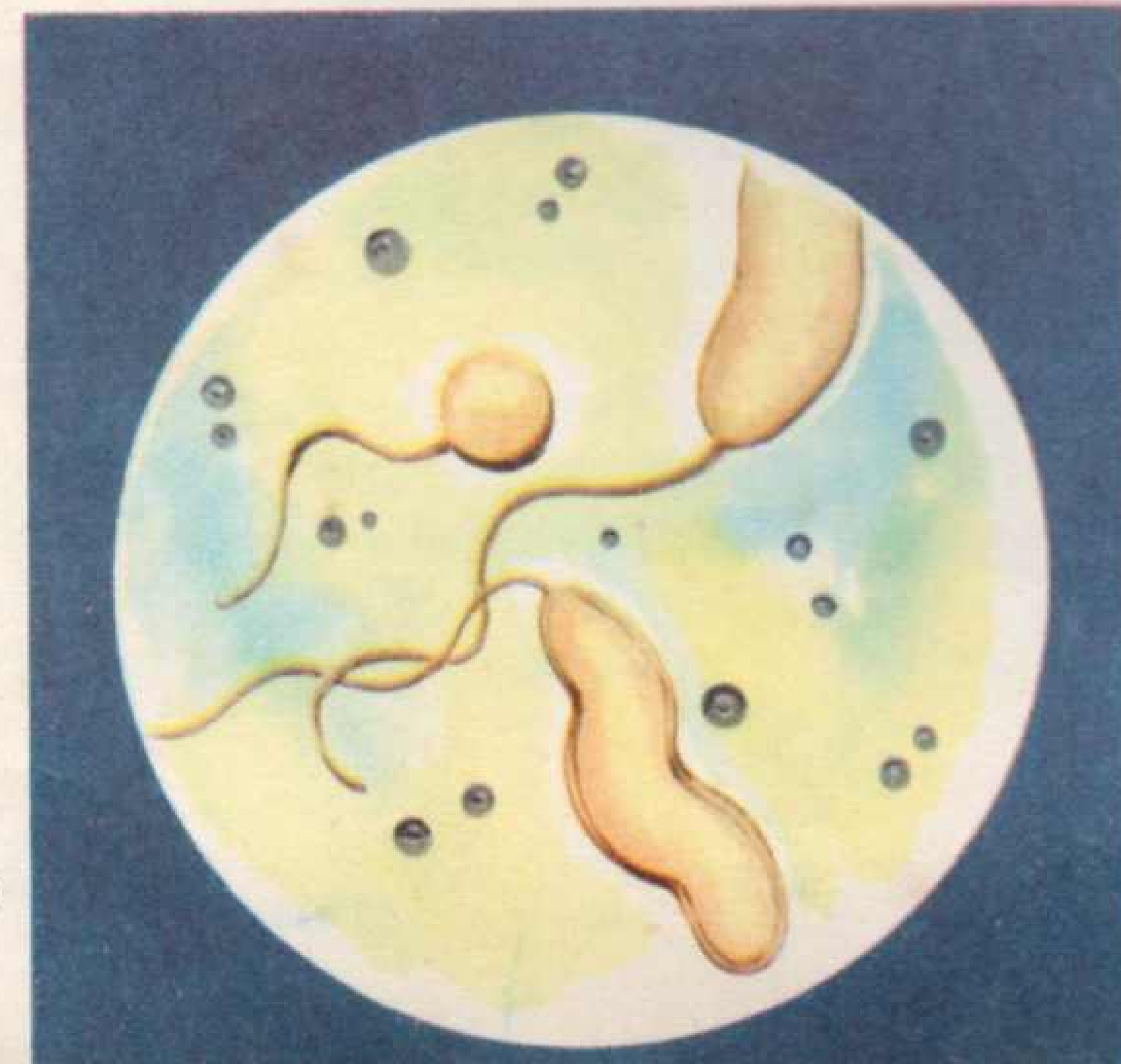
Las calculadoras electrónicas se emplean hoy en día en casi todos los campos de la actividad humana. Son muy útiles en la industria de producción en serie para el control y planificación de la producción; en la traducción de una lengua a otra; en los institutos estadísticos; en la química y las matemáticas, etc.

va imponiendo en determinadas zonas de la Tierra una civilización mecánica, frente a la humanística; frente a aquella que otorga el papel primordial de la sociedad al hombre y que quiere que todo se haga en honor y al servicio del hombre. Sólo así, siendo el hombre el rector de la sociedad, trabajando para que la máquina le libere de los trabajos más pesados y le enriquezca con la producción a gran escala de mercancías cada vez mejor hechas y más económicas, el hombre se podrá sentir dueño de sus destinos.

LOS PROGRESOS DE LA MEDICINA

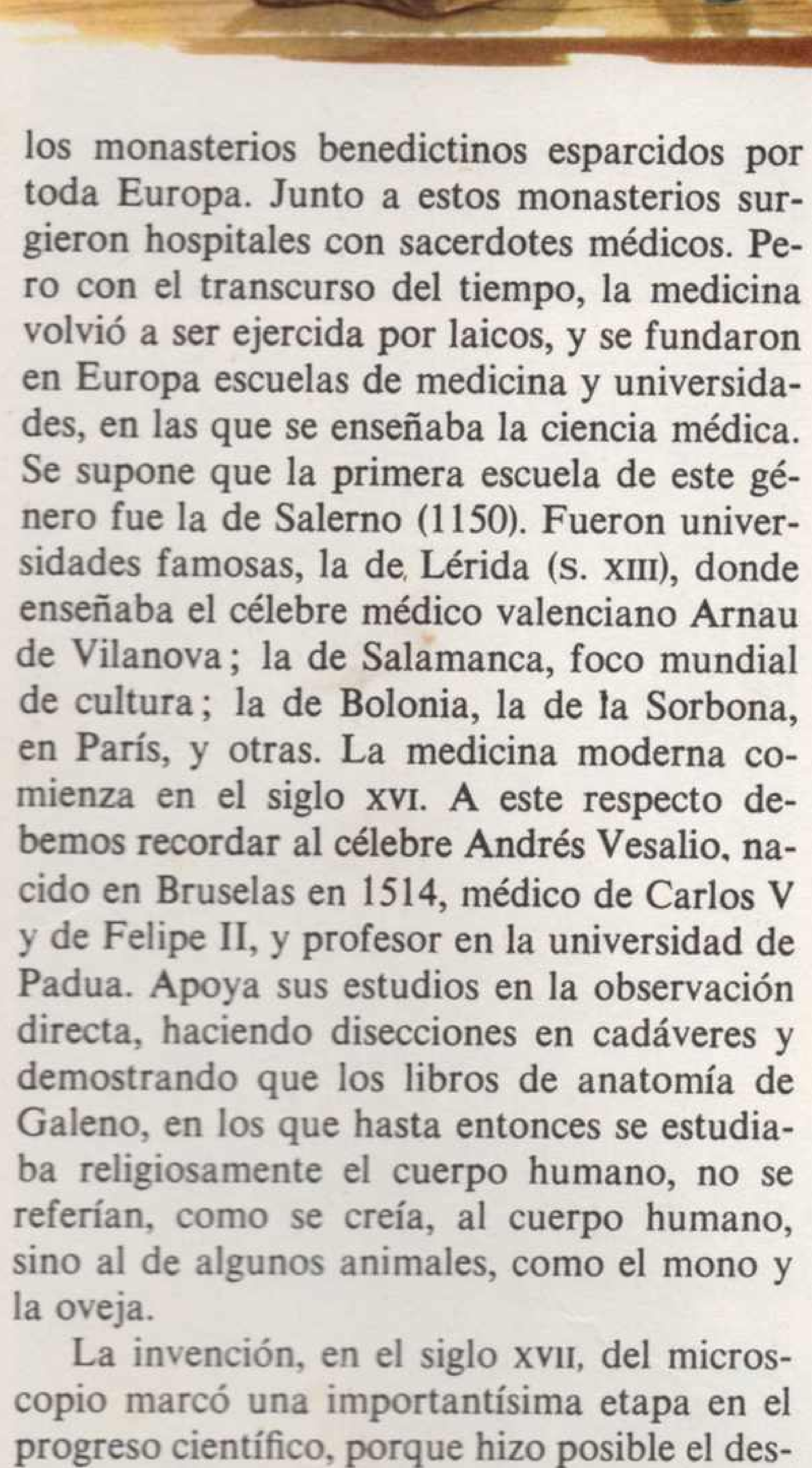


De gran utilidad para los estudios bacteriológicos y en la lucha contra muchas enfermedades, es el microscopio electrónico, que sirviéndose de los rayos electrónicos, permite la observación de organismos de dimensiones ultramicroscópicas. En la ilustración inferior, el vibrión del cólera visto por el microscopio electrónico.



Enfermedades vencidas

Paralelamente con el progreso técnico, se han obtenido también en el campo de la medicina progresos que han permitido al hombre vencer a un gran número de enfermedades que afligen a la humanidad. La medicina ha nacido con el hombre. Nuestros antepasados de la edad de las cavernas intentaban, con los medios rudimentarios que poseían, curar las heridas producidas por las fieras o por una caída. Pero las enfermedades que existían en el interior del cuerpo, fueron para ellos un misterio. Y durante muchos miles de años, los hombres confiaron la curación de estas dolencias ocultas a la magia. Aún hoy, las tribus primitivas conceden a los hechiceros la misión de extraer del cuerpo de los enfermos los espíritus malignos. Entre los egipcios fueron los sacerdotes quienes ejercieron la medicina, pero éstos actuaban esencialmente sobre la base de la superstición. El médico más grande de la antigüedad fue Hipócrates, nacido en Grecia, que vivió entre los siglos v y IV antes de J. C. Fundó una escuela de medicina, y transmitió sus conocimientos en 63 tratados que el papa Clemente VII hizo traducir al latín en 1525. El método de Hipócrates se basa en un criterio científico. El fue quien dio a la profesión médica el valor moral y el prestigio de que hoy disfrutan. Luego de Hipócrates, el médico más grande de la antigüedad fue Galeno, griego de Pérgamo, que vivió en Roma en el siglo II. Dejó numerosas obras consideradas fundamentales hasta el Renacimiento. Tras la caída del Imperio Romano, la ciencia médica se refugió, en la alta Edad Media, en



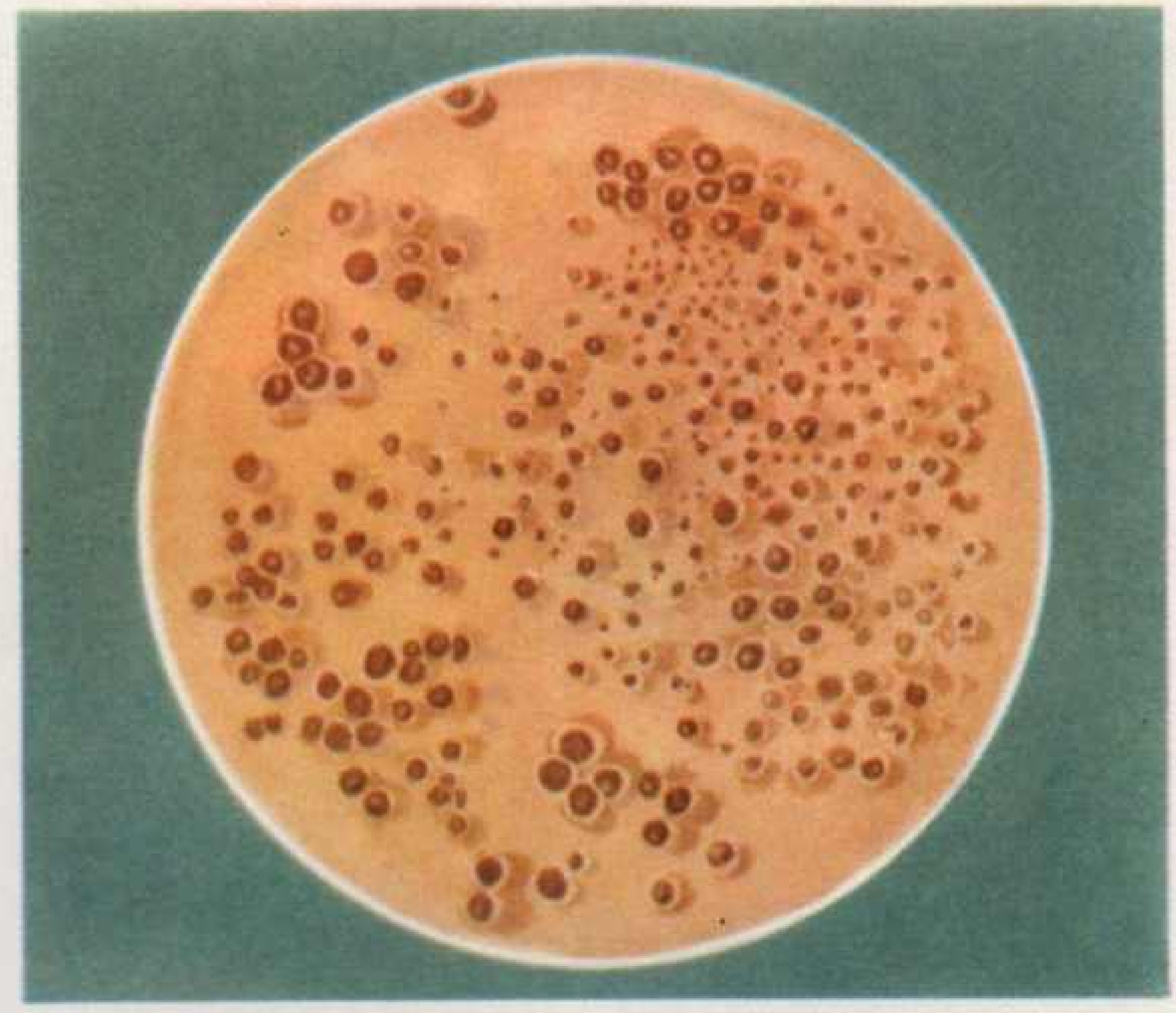
los monasterios benedictinos esparcidos por toda Europa. Junto a estos monasterios surgieron hospitales con sacerdotes médicos. Pero con el transcurso del tiempo, la medicina volvió a ser ejercida por laicos, y se fundaron en Europa escuelas de medicina y universidades, en las que se enseñaba la ciencia médica. Se supone que la primera escuela de este género fue la de Salerno (1150). Fueron universidades famosas, la de Lérida (S. XIII), donde enseñaba el célebre médico valenciano Arnau de Vilanova; la de Salamanca, foco mundial de cultura; la de Bolonia, la de la Sorbona, en París, y otras. La medicina moderna comienza en el siglo XVI. A este respecto debemos recordar al célebre Andrés Vesalio, nacido en Bruselas en 1514, médico de Carlos V y de Felipe II, y profesor en la universidad de Padua. Apoya sus estudios en la observación directa, haciendo disecciones en cadáveres y demostrando que los libros de anatomía de Galeno, en los que hasta entonces se estudiaba religiosamente el cuerpo humano, no se referían, como se creía, al cuerpo humano, sino al de algunos animales, como el mono y la oveja.

La invención, en el siglo XVII, del microscopio marcó una importantísima etapa en el progreso científico, porque hizo posible el descubrimiento de los microbios, causa, hasta entonces ignorada, de las enfermedades. El holandés Leeuwenhoeck, inventor del microscopio, fue quien por primera vez vio agitarse en una gota de agua y en un poco de sarro de sus dientes, unos "pequeños animalitos", pero no supo qué eran, ni los relacionó con las enfermedades.

El médico inglés Jenner preparó una vacuna muy eficaz contra la viruela y difundió el uso de la vacunación como medio profiláctico contra esta enfermedad.
Abajo vemos al gran científico francés Louis Pasteur, que dedicó toda su vida a las investigaciones en su laboratorio y descubrió las bacterias que causan numerosas enfermedades y los medios para vencerlas.



La penicilina, el potente antibiótico empleado en la terapéutica humana desde 1943, fue descubierta por el científico inglés Alexander Fleming. Sus primeras observaciones sobre el poder de este moho comenzaron en 1928. A la derecha, un cultivo de estafilococos donde el microbio ha sido destruido en la zona que circunda al hongo «Penicillium notatum».



Las enfermedades contagiosas de entonces, y contra las que no había remedio, eran la viruela, el tifus, la tuberculosis, la fiebre amarilla, la peste, la hidrofobia, el cólera, la difteria. ., etc. Estas enfermedades pudieron ser vencidas, o, al menos, hacerlas menos peligrosas, con la vacunación y con el conocimiento y estudio de los microbios que las causaban.

El inglés Eduardo Jenner fue quien descubrió el medio de inmunizar al hombre contra la viruela, por medio de la vacuna. Observó que los campesinos que se habían contagiado de la viruela de las vacas, eran inmunes a los ataques de esta enfermedad. El 14 de mayo de 1796, Jenner inoculó a un muchacho un poco del líquido tomado de una pústula de viruela de una vaca (de aquí el nombre de vacuna). Poco tiempo después inoculó el pus de viruela humana al mismo muchacho, y éste no enfermó. Era inmune, refractario a la enfermedad. El principio de la vacunación, es decir, el inocular en la sangre bacilos debilitados de una enfermedad para inmunizar al organismo, fue adoptado años más tarde por el francés Luis Pasteur, que extendió la vacunación a las enfermedades del carbunco y la hidrofobia. Los trabajos de Pasteur señalaron una nueva época en la historia de la medicina. Descubrió que la fermentación era debida a seres microscópicos, o bacterias (o microbios, gérmenes o bacilos...) que producían la acidez en la leche y el vino, hacían rancia la mantequilla y descomponían la carne. Poco a poco Pasteur fue creyendo que los microbios podían ser la causa de muchas enfermedades y llegó al pleno convencimiento, cuando estudiando una enfermedad mortal del gusano de la seda, la pebrina, descubrió que ésta era producida por bacterias. Mientras el científico francés hacía sus experimentos y demostraba que las bacterias que se encuentran, invisibles, en el aire, son la causa de las enfermedades, el cirujano inglés Joseph Lister, que había leído sus artículos, pensó que estas invisibles bacterias podían ser la causa de las infecciones que aparecían después de las operaciones quirúrgicas, e introdujo, por primera vez en la historia, una cuidadosa desinfección en su hospital de Glas-

Acción de la penicilina sobre las bacterias del carbunco, observada por el microscopio electrónico. De izquierda a derecha vemos el microbio sano y su destrucción progresiva por efecto de la penicilina.




A principios del siglo XIX, la medicina no consideraba la necesidad de la asepsia. Se creía que las infecciones eran producidas sólo por los microbios que se encuentran en el aire, y, por eso, los cirujanos se acercaban al paciente sin haberse desinfectado y empleaban instrumentos no esterilizados.

gow y empapó los vendajes de los enfermos con ácido fénico, obteniendo óptimos resultados en esta lucha contra los bacilos (cirugía antiséptica). Hoy, los cirujanos y enfermeras usan guantes, máscaras e instrumentos quirúrgicos hervidos al vapor en un autoclave, para impedir que los microbios entren en las heridas (cirugía aséptica).

A fines del siglo XIX, muchos científicos hacían investigaciones sobre los bacilos: Koch aisló el bacilo de la tuberculosis, Löffler descubrió el de la difteria, Herberth el bacilo del tifus, Nicolaiev el del tétanos. Pero una vez descubierto el bacilo, se presentaba a los científicos un nuevo problema: ¿cómo matarlo sin matar o lesionar al paciente? Tres fueron las soluciones que se dieron para combatir a los bacilos en el interior del cuerpo humano: *a)* por medio de vacunas; *b)* con productos químicos que impidan al bacilo reproducirse (por ejemplo las sulfamidas, puestas en uso por el médico alemán Domagk, en 1935); *c)* con el veneno de otros bacilos (los antibióticos). En la actualidad los hombres se inmunizan contra muchas enfermedades por medio de la vacuna, como de la difteria, el tétanos, el tifus, la poliomielitis, etc.

Citemos, entre otras, la vacuna contra la poliomielitis. El norteamericano Jonas Salk fue el primero en obtener esta vacuna con los bacilos muertos de dicha enfermedad, que inyectó a sus tres hijos y muchas otras personas


En los quirófanos modernos el campo operatorio se mantiene perfectamente esterilizado; los cirujanos operan llevando batas, máscaras y guantes de goma también esterilizados, y empleando instrumentos completamente asépticos.



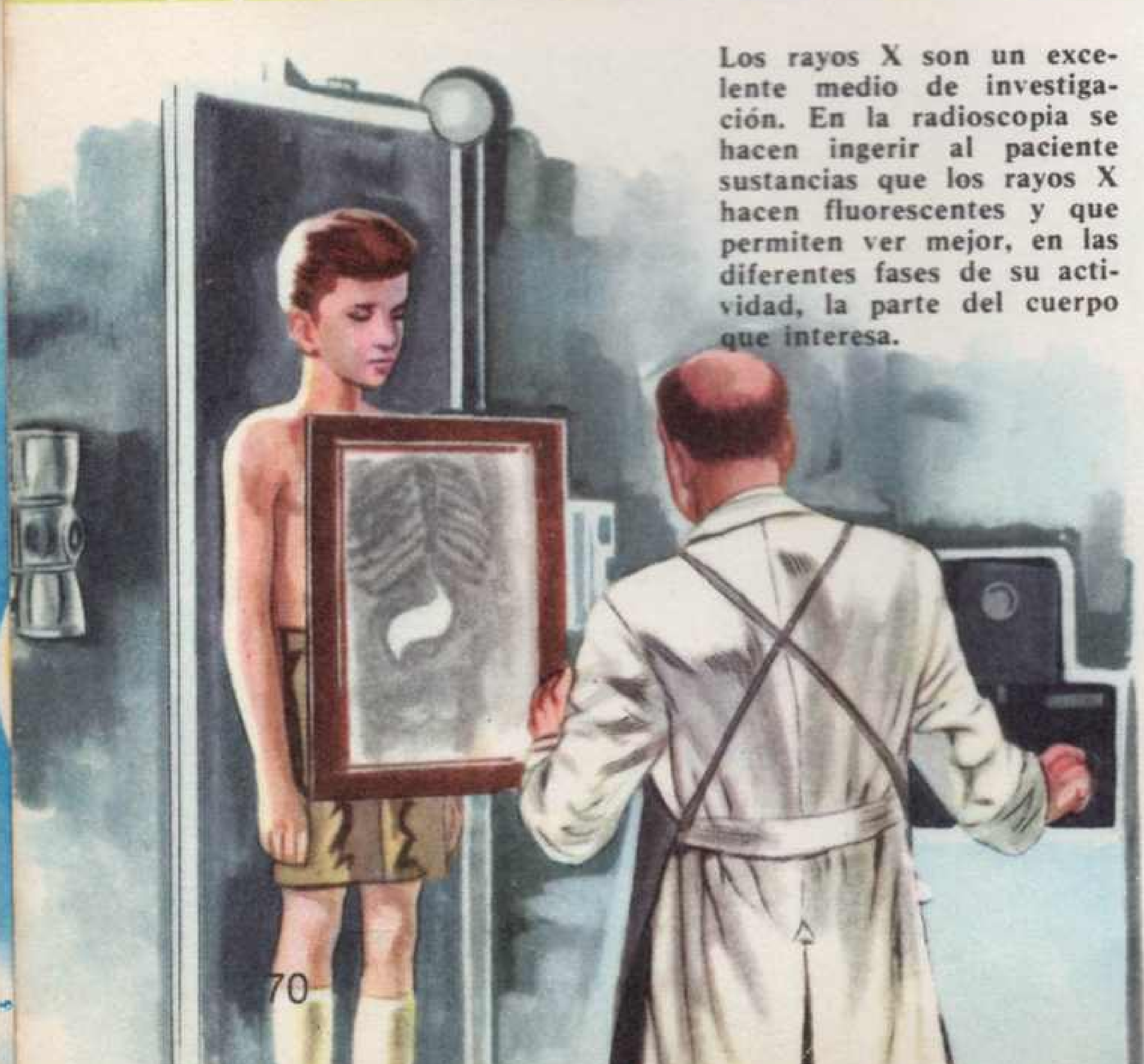
En 1895 Röntgen descubrió unos rayos que tenían la propiedad de penetrar a través de cuerpos opacos a otros rayos; a estos rayos los llamó rayos X, y con ellos hizo la primera radiografía, fotografiando sobre una placa los huesos de su mano.

de la ciudad de Pittsburg, en 1953. Pero como ésta no se reveló completamente eficaz, fue rápidamente substituída con la de otro norteamericano, Albert Sabin. La vacuna de Sabin está constituída de bacilos atenuados de la poliomielitis; se toma por vía oral y, hasta el momento, es el arma más eficaz contra esa enfermedad. Ambas vacunas se basan en que inoculando estos bacilos, muertos o debilitados, la sangre, para defenderse, produce substancias especiales (los anticuerpos), que combaten los virus del mal y preparan al organismo para resistirlos.

Hablemos ahora del más famoso antibiótico, la penicilina, cuyo nombre va unido al del inglés sir Alexander Fleming.



Las primeras radiografías se obtuvieron poniendo el objeto a radiografiar entre un cátodo de un tubo de Crookes y una placa fotográfica: los rayos, atravesando las partes blandas, ponían en evidencia los huesos, que son más densos y más opacos que la piel y los músculos. Más adelante, como fuente generadora de los rayos ya no se empleó el tubo de Crookes, sino el «tubo focus» y el tubo electrónico de Coolidge.



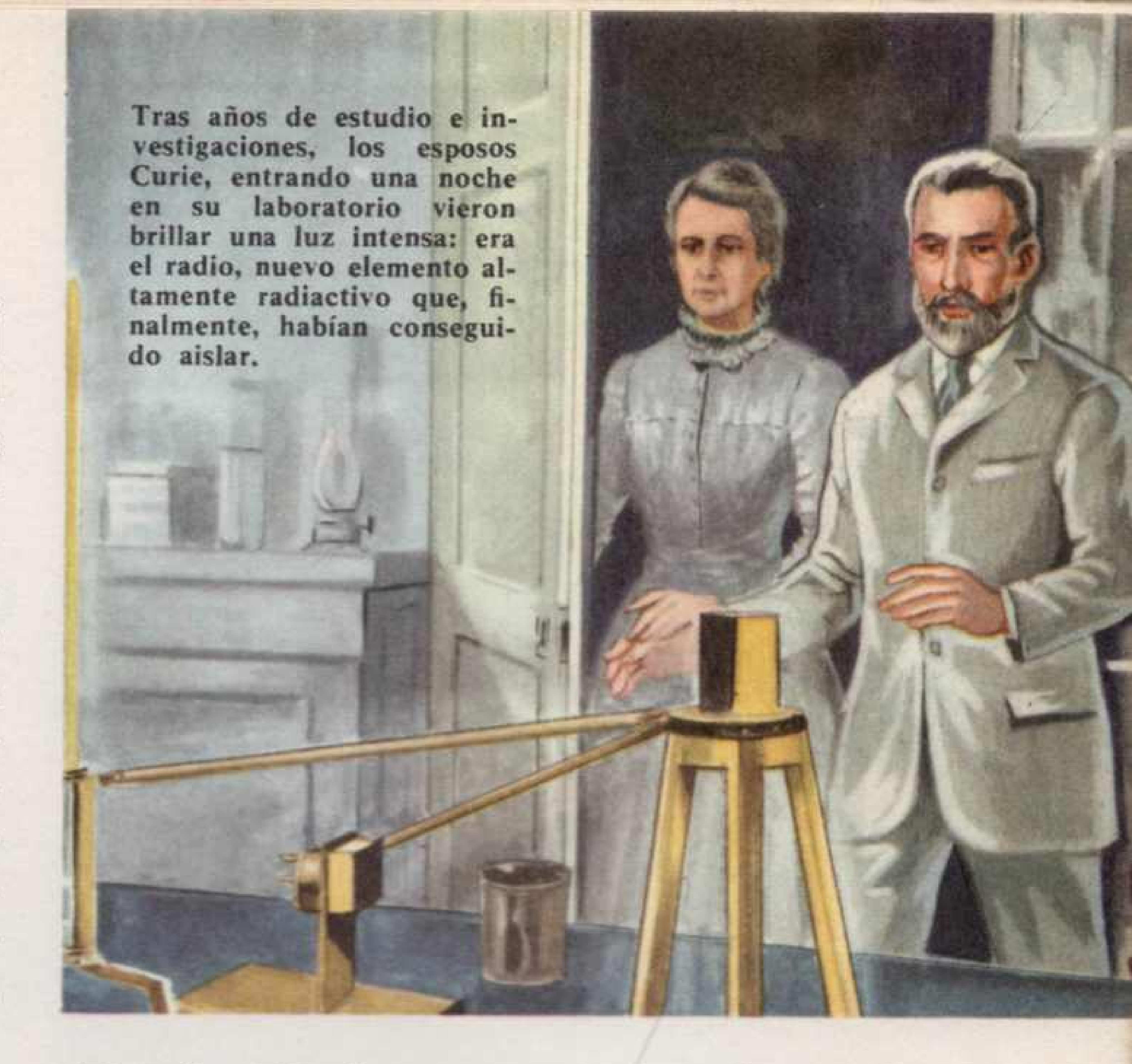
Los rayos X son un excelente medio de investigación. En la radioscopia se hacen ingerir al paciente sustancias que los rayos X hacen fluorescentes y que permiten ver mejor, en las diferentes fases de su actividad, la parte del cuerpo que interesa.

Seguramente alguna vez habréis visto un mendrugo de pan recubierto de una verde capa de moho; este moho no es más que un conjunto de gérmenes microscópicos —"Penicillium notatum" es su nombre científico—, que viven sobre las substancias orgánicas muertas. Dicho moho apareció cierto día bajo la tapadera de un recipiente que contenía, hacía tiempo, un cultivo de bacilos que Fleming estaba estudiando. El profesor advirtió que donde se encontraba el moho no se reproducían los bacilos; el moho los había destruido. Por lo tanto sus gérmenes se podían utilizar para curar las enfermedades matando los bacilos. De este modo comenzó a hacer experiencias con cobayos, pero sus estudios desper-

taron escaso interés. Algunos años después, sus experimentos fueron continuados por el médico australiano Florey, de la Universidad de Oxford, y por el químico Chain, los cuales aislaron, bajo el nombre de penicilina, la substancia verde que los gérmenes del moho secretaban. En 1941, ambos científicos experimentaron con éxito la primera inyección de penicilina en un paciente afectado de una grave infección de la sangre. Acababa de nacer un nuevo y potente medicamento, milagroso en la curación de enfermedades hasta entonces mortales, como la pulmonía y la meningitis. Fleming, Florey y Chain fueron galardonados con el Premio Nobel de Medicina, de 1945.

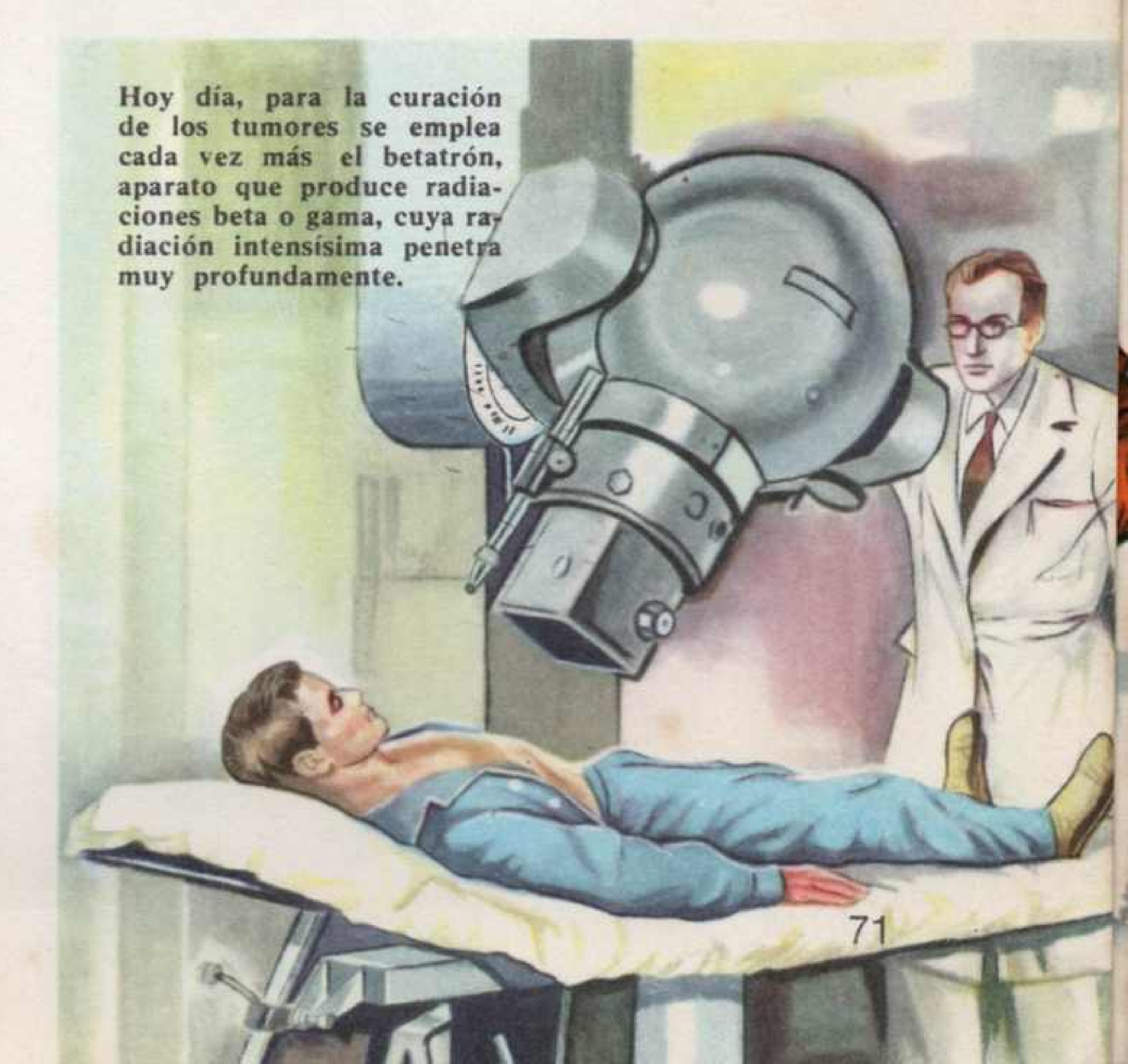
Con el descubrimiento de los rayos X, se dio un paso hacia adelante en la técnica quirúrgica. Su inventor fue el científico alemán Wilhem Röntgen, quien en el curso de algunos experimentos celebrados entre octubre y noviembre de 1895, advirtió que haciendo pasar una corriente eléctrica a través de un tubo Geissler, se desprendían unos misteriosos rayos capaces de atravesar, no sólo el cristal del tubo, sino también cualquier obstáculo que se pusiese delante de ellos y de iluminar una pantalla fluorescente puesto a alguna distancia. Un día Röntgen puso la mano delante de la pantalla y vio proyectada, en sombra, la forma de sus huesos. En aquel momento se acababa de descubrir la radiografía por la que se puede ver el interior del cuerpo humano y localizar una dislocación o la rotura de un hueso. Más tarde, se descubrió que si un paciente ingería una substancia, el contorno de sus órganos internos, como el estómago o los intestinos, eran visibles por los rayos X, lo que constituyó una ayuda preciosa para los cirujanos que pudieron examinar, antes de intervenir, los tejidos enfermos.

Otro descubrimiento sensacional fue el de los científicos Pedro y María Curie. Ambos esposos demostraron que algunos elementos, en la naturaleza, tienen el poder de desprender rayos especiales, y por eso son radiactivos. En 1898 aislaron algunos de estos elementos, y entre ellos el famosísimo radium. Los rayos

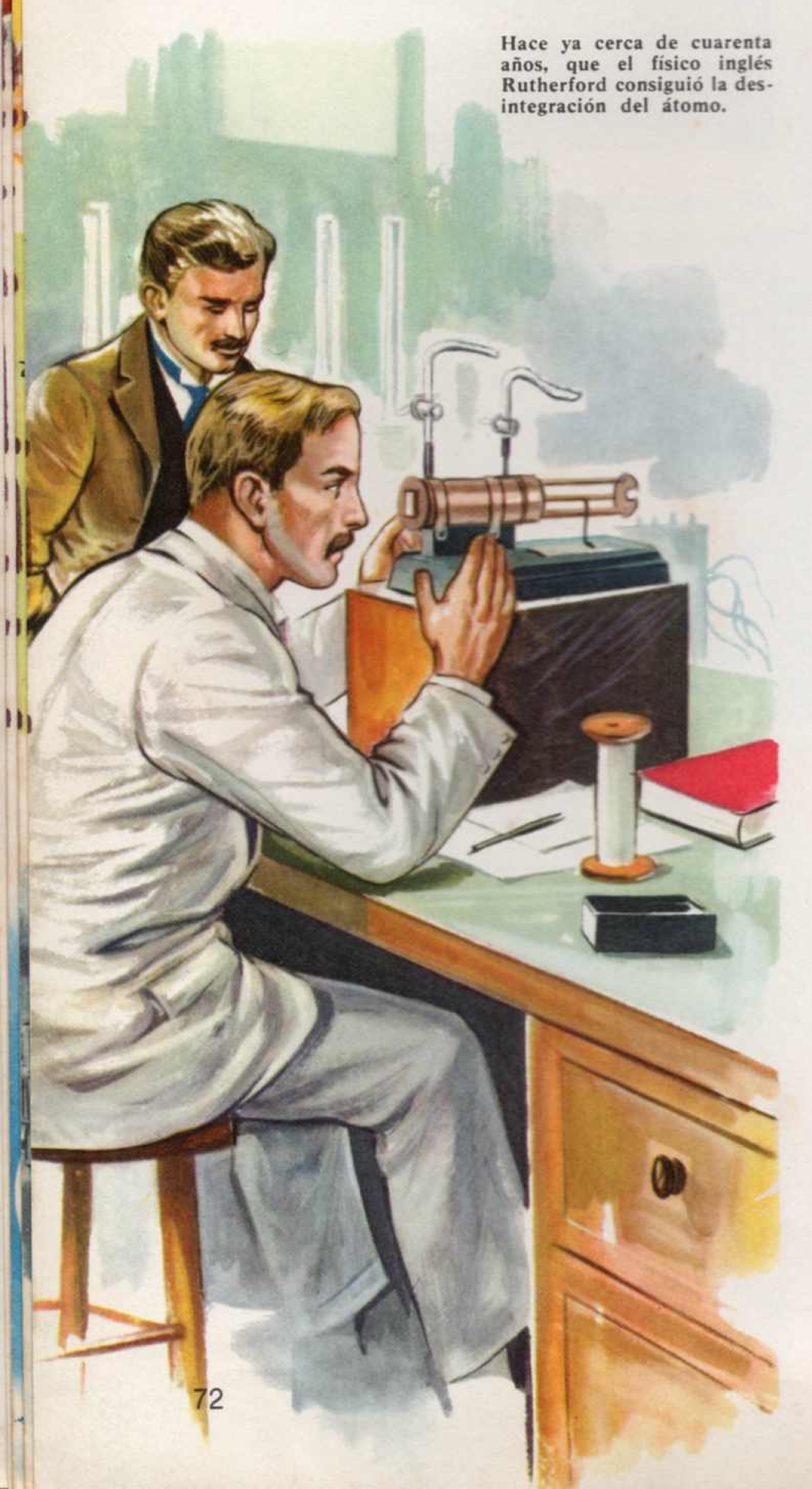

Tras años de estudio e investigaciones, los esposos Curie, entrando una noche en su laboratorio vieron brillar una luz intensa: era el radio, nuevo elemento altamente radiactivo que, finalmente, habían conseguido aislar.

del radio (alfa, beta, gamma), de ondas cortísimas y mortíferos, se emplean en medicina para destruir tejidos enfermos, especialmente en la terapia de los tumores.

También la medicina ha vencido algunas enfermedades como la pelagra, el escorbuto y el raquitismo, cuyas causas durante mucho tiempo se desconocían. Se adquieren estas enfermedades porque se carece de vitaminas que se encuentran, en estado natural, en muchos alimentos. Los científicos han fabricado en los laboratorios dichas vitaminas y las han distinguido con las letras del alfabeto, así: vitamina A, B, C, D, etc.


Hoy día, para la curación de los tumores se emplea cada vez más el betatrón, aparato que produce radiaciones beta o gama, cuya radiación intensísima penetra muy profundamente.

EL COMIENZO DE LA ERA ATOMICA



Hace ya cerca de cuarenta años, que el físico inglés Rutherford consiguió la desintegración del átomo.

Revelación de los secretos del átomo

La insaciable sed de conocimientos del hombre, ha dado a nuestro tiempo otro maravilloso descubrimiento: el de los secretos del átomo.

Si el conocimiento del átomo es un hecho moderno, su concepción se remonta al siglo IV a. de J. C. El primero en concebirlo fue el célebre filósofo griego Demócrito, quien tomando en la mano un terrón decía: —"Si lo aplasto obtengo otros terrones más pequeños... y si a su vez aplasto a éstos, obtengo polvo; pero hasta este polvo está formado de partículas, demasiado pequeñas para ser percibido por el ojo del hombre"—. Y concluía: —"Ahora bien, yo sostengo que hasta estas partículas pueden ser divididas de nuevo, hasta que se obtengan partículas que ya no se puedan partir."

Demócrito llamó átomos a estas partículas, de la palabra griega átomo, que significa alguna cosa que no se puede dividir.

Pero pasaron años y siglos, antes de que el hombre estudiase la naturaleza con un método experimental, para obligarla a revelar sus secretos. Tras varias intuiciones, el gran físico y químico John Dalton, hacia 1808, proclamó que la materia está constituida de átomos y que existe una fuerza desconocida que hace que se adhieran unos a otros. Por lo tanto, se sabe que los átomos de diferentes elementos se unen y forman nuevos compuestos, sin saber demostrar cuantos átomos de cada elemento se necesitan para formar el nuevo compuesto.

La explicación a este problema la dio el

físico italiano Avogadro, quien demostró que para formar un átomo compuesto se necesitan átomos de diferentes especies, y aclaró que existe una diferencia entre los átomos simples y los compuestos: a los primeros continuó llamándolos átomos, es decir, partículas indivisibles, y a los segundos moléculas, es decir, pequeñas masas.

Pero nos podemos preguntar: ¿Cómo se han formado las moléculas? ¿Los átomos y las moléculas son partículas estáticas, o, por el contrario, en movimiento? A estas interrogantes respondieron el propio Avogadro y otros hombres de ciencia que descubrieron el peso de diferentes átomos, algunas combinaciones de éstos en moléculas de varias substancias, estableciendo que los átomos y las moléculas están en constante movimiento y que la causa de este movimiento es el calor.

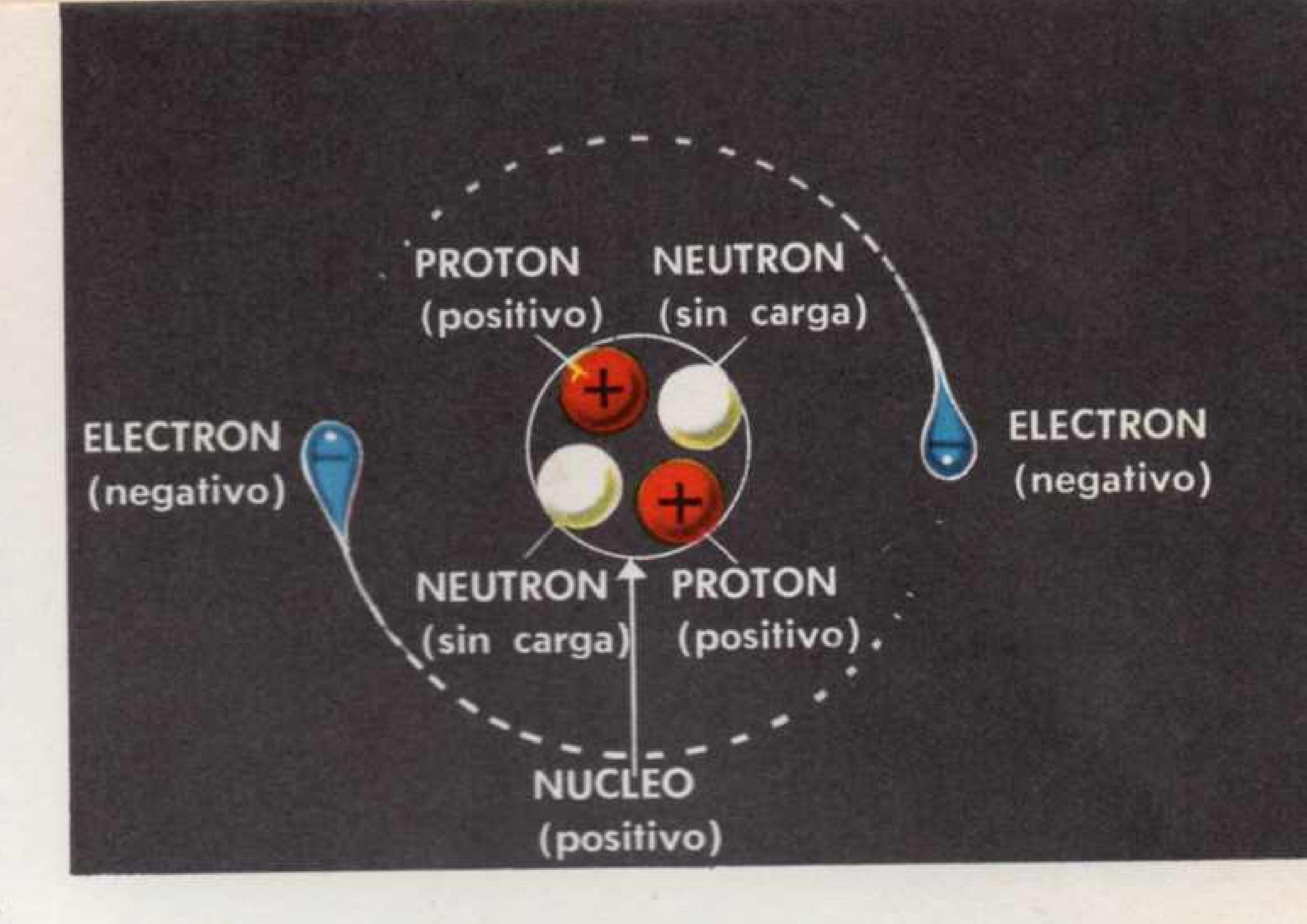
Al profundizar en los estudios sobre la electricidad, se llegó al convencimiento de que ésta, siendo materia, está formada por átomos que se ha dado en llamar electrones. Se descubrió que los electrones cuando son proyectados sobre un trozo de metal producen rayos capaces de atravesar el cuerpo humano marcando la sombra de los huesos. Estos rayos desconocidos fueron llamados rayos X.

Al tiempo que se realizaban estos descubrimientos, el sabio francés Henri Becquerel hacía experiencias sobre un nuevo metal, el uranio, y descubría que era radiactivo. Tras algunas experiencias, María Curie Skladowska consiguió aislar un nuevo elemento de intensas radiaciones al que llamó radio.

Los investigadores trataron de explicar la radiactividad y hallaron que del interior del átomo de una materia radiactiva son emitidos rayos que tienen diferentes propiedades, es decir, que se emite un fluido de partículas con carga eléctrica diferente que poco a poco disgregan al átomo.

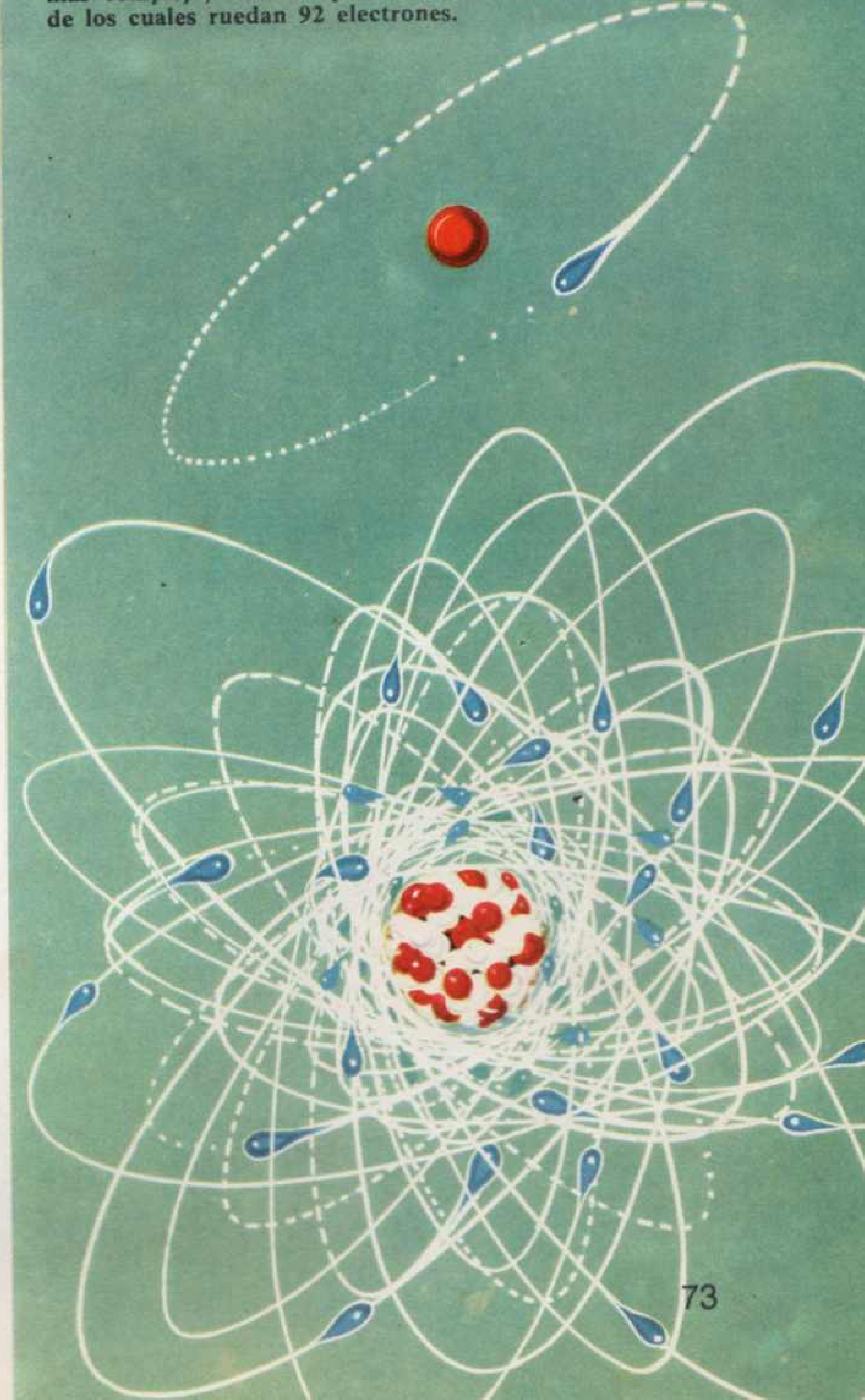
Este descubrimiento hizo pensar que el átomo no podía ser indivisible como hasta entonces se había creído, sino que debía estar formado de partes todavía más pequeñas que él, portadoras de una carga eléctrica.

Ernest Rutherford, que ya había explicado



Todo átomo está constituido por un núcleo que comprende elementos con carga eléctrica positiva (los protones) y elementos carentes de carga eléctrica (los neutrones); en torno al núcleo giran en órbita fija los electrones, elementos con carga eléctrica negativa. En la parte superior vemos el esquema de un átomo de helio, cuyo núcleo está formado de dos protones y de dos neutrones y alrededor del cual giran dos electrones.

ABAJO: El átomo de hidrógeno es el más simple de todos porque tiene un solo protón en torno del cual gravita un solo electrón; el átomo de uranio, por el contrario, es el más complejo, tiene 92 protones y 146 neutrones, en torno de los cuales ruedan 92 electrones.





Cuando se provoca la escisión de un átomo, como, por ejemplo, de uranio, éste libera neutrones, los cuales pueden liberar a su vez otros neutrones, provocando así otra fisión. Este proceso se llama reacción en cadena (parte superior de la ilustración). Si esta reacción es rapidísima, se obtiene la explosión atómica (abajo).



la naturaleza de la radiactividad y demostrado que los átomos se desintegran, y el danés Niels Bohr, describieron la estructura del átomo. El átomo se parece a un sistema solar: el Sol está representado por el núcleo y los electrones son los planetas. Pero entre un sistema solar y el átomo existen las siguientes diferencias: *a)* las fuerzas en juego en el átomo no se deben a la gravedad, son eléctricas; *b)* los planetas de los sistemas solares son de tamaño diferente entre sí, en el átomo los electrones son todos iguales; *c)* los planetas, rodando, dibujan un disco, los átomos una envoltura parecida a una esfera; *d)* los electrones ruedan a una velocidad muy superior a la de los planetas. Es común a los dos sistemas, lógicamente en relación a sus proporciones diferentísimas, el espacio libre.

Volvamos ahora a las partes del átomo. El electrón, que podríamos materializar como una partícula pequeñísima por peso y el espacio ocupado, es portador de una carga eléctrica negativa. El núcleo es un conjunto de partículas estrechamente unidas y de las que se pueden distinguir dos tipos: los protones, iguales en número a los electrones, pero con una carga positiva, que permite al átomo el equilibrio eléctrico; los neutrones, un poco superiores en masa a los protones y sin carga eléctrica.

Teniendo en cuenta el número de protones y de neutrones que forman el núcleo, se pudo clasificar los elementos (noventa y dos en total); el primero ha sido el hidrógeno, formado por un solo protón en torno del cual gira un solo electrón; y el último y el más complejo, el uranio, que tiene un núcleo formado por 92 protones y 146 neutrones. Cuando en un elemento el número de neutrones varía con relación a la norma, se obtiene una variante de dicho elemento llamada isótopo.

Nuevos experimentos condujeron al descubrimiento de las grandes fuentes de energía que existen en el núcleo del átomo y a intentar utilizarla.

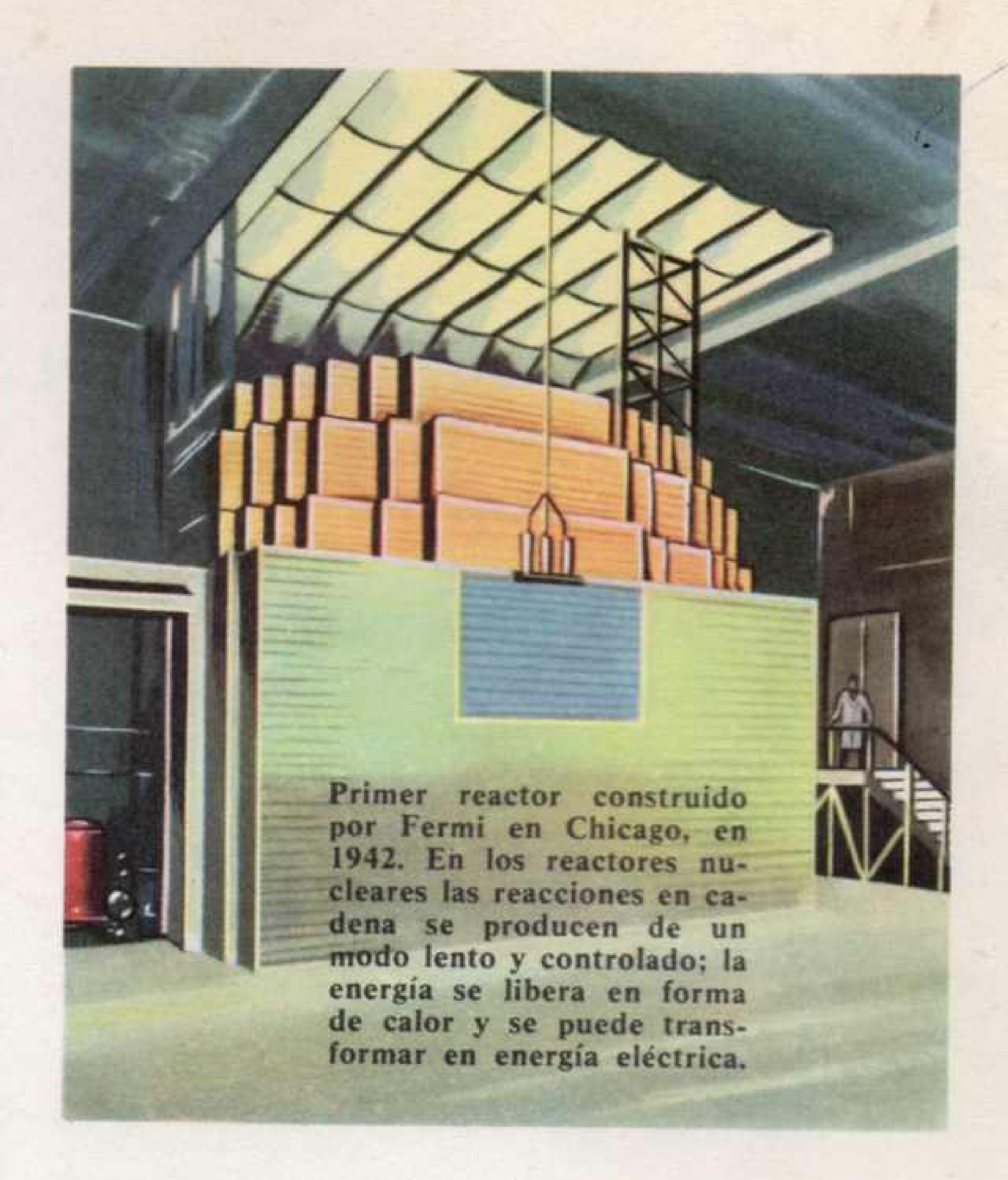
Los primeros experimentos tenían como objetivo transformar un elemento en otro,

bombardeando el átomo que se quería modificar con partículas que se introducían en su núcleo, el cual, de este modo, venía a ser núcleo de otra substancia. Para realizar estos bombardeos se han empleado como proyectiles los rayos que el radio emite naturalmente, y por lo tanto los protones, y una especie particular de rayos, los electrones, lanzados por máquinas que les infunden, por la velocidad con que son lanzados, una fuerza muy grande de penetración. Con este sistema se obtuvo un gran número de mutaciones.

Pero pronto se comprendió que los protones y electrones no eran muy aptos para esta misión porque, conteniendo cargas eléctricas, muchas veces eran rechazados por las otras cargas contrarias.

En 19934 un grupo de físicos italianos, dirigidos por Enrico Fermi, experimentaron, para vencer este obstáculo, el bombardeo de la materia con neutrones, revelándose esta idea válida porque los neutrones, careciendo de carga eléctrica, penetran fácilmente en el núcleo. Algunos científicos alemanes, prosiguiendo los experimentos de los físicos italianos, consiguieron escindir el núcleo del uranio en dos partes casi iguales, provocando el fenómeno llamado fisión, durante el cual se desprende del átomo calor y energía. ¿Qué hubiese sucedido si la fisión hubiera podido propagarse, en una masa de uranio, de un átomo a otro? No tardaron los científicos en comprender que, realizando una reacción en cadena, hubiesen podido obtener una enorme energía. E intentaron la experiencia obteniendo resultados fantásticos y aterradores.

Tras la primera fisión, en una fracción de segundo, millones de núcleos se escindieron en una explosiva reacción en cadena, miles



Primer reactor construido por Fermi en Chicago, en 1942. En los reactores nucleares las reacciones en cadena se producen de un modo lento y controlado; la energía se libera en forma de calor y se puede transformar en energía eléctrica.

depósito de acero
BARRAS DE CONTROL
gas sobrecalentado
grafito
caldera
uranio
agua que se vaporiza
alternador
revestimiento de hormigón que absorbe las radiaciones
recorrido de los neutrones liberados por fisión
el agua vuelve a la caldera
transformador
transporte de la energía eléctrica

Los reactores nucleares están constituidos por el combustible, generalmente uranio; por un moderador, por ejemplo grafito o agua pesada, con objeto de aminorar la velocidad de los neutrones, y de barras de control, para controlar la velocidad de las reacciones en cadena. El calor producido por el uranio es absorbido por un gas a presión (anhídrido carbónico), que sale desde lo alto del reactor por medio de tubos y llega a los transformadores del calor. El calor pasa al agua a presión que discurre en un serpentín, trasmutándose el agua en vapor sobrecalentado que pasa a la turbina de vapor, conectada con alternadores.



de millones de fragmentos atómicos se liberaron a una velocidad tremenda y a una temperatura de millones de grados. En ese momento la humanidad se hallaba en plena guerra mundial y la nueva energía fue utilizada para la construcción de bombas terribles y devastadoras. Se había alcanzado una nueva meta, se podía obtener energía de la materia.

El nuevo y fantástico descubrimiento presentaba nuevos y urgentes problemas: ¿Era el uranio el único elemento del que se podía obtener energía? ¿Cómo se podía dominar la energía atómica? Estas interrogantes encontraron respuesta.

Y así como se había obtenido una gran cantidad de energía del más pesado de los elementos naturales, el uranio, también se consiguió obtenerla del más ligero, el hidrógeno. Esta se obtiene, no por medio de la fisión, sino de la fusión nuclear, en la que dos átomos de hidrógeno se unen formando el núcleo de un átomo más pesado y produciendo calor y energía. De este modo se llegó a la bomba de hidrógeno que tiene un poder destructivo enormemente mayor al de la de uranio.

En lo alto del círculo puede verse un aparato que se emplea para acelerar a altísimas velocidades las partículas subatómicas con las que se bombardean los núcleos de los átomos; en la parte izquierda, un reactor de los llamados de piscina: está formado de barras de uranio sumergidas en una profunda piscina de agua pesada, o común; a la derecha, vestidos protectores.



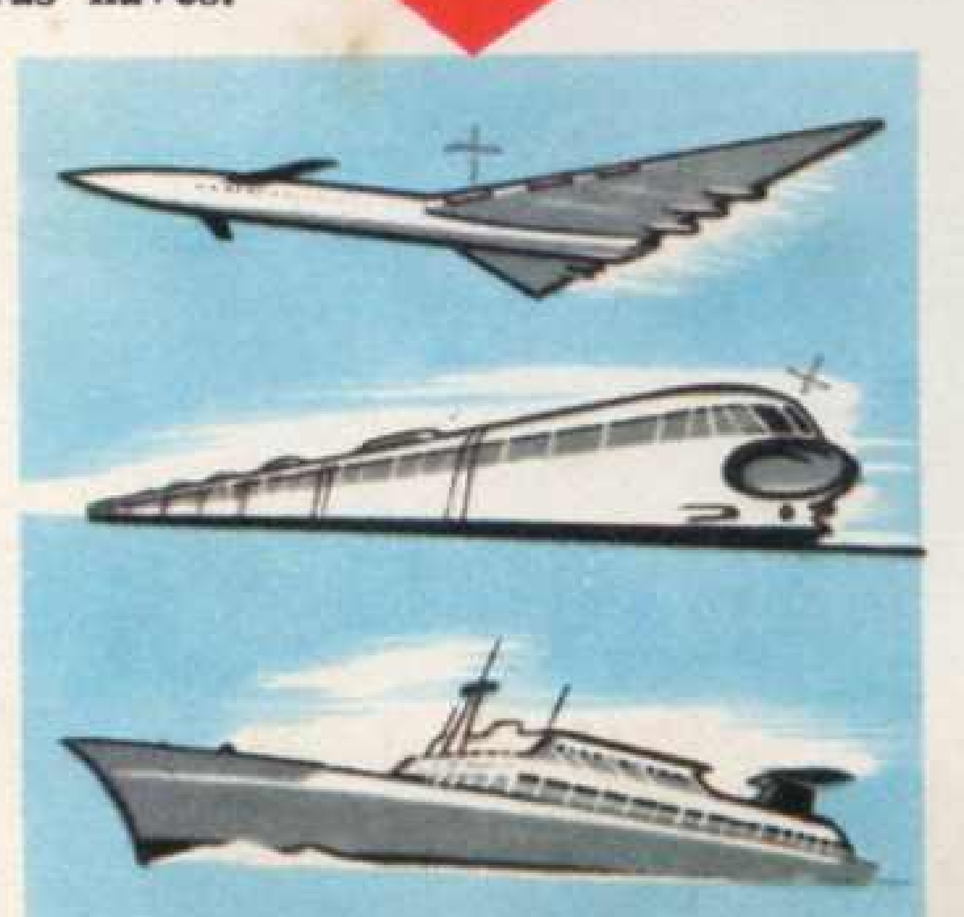


El campo de aplicación de la energía nuclear es muy vasto: en los laboratorios se producen substancias radiactivas muy útiles en zoología, en botánica y en la industria; además, la energía nuclear es empleada como medio de propulsión en los submarinos atómicos, rompehielos y otras naves.

A fines de 1942 se inventó la pila atómica, llamada también reactor nuclear, que permite emplear la energía atómica para fines pacíficos. La pila atómica puede producir energía nuclear bajo un constante control, por medio de dispositivos y substancias que frenan y absorben los neutrones, primeros elementos, como hemos visto, de la reacción en cadena.

De este modo, hoy podemos controlar esta importante energía y emplearla en los campos más diferentes. El calor emitido por los reactores atómicos, por ejemplo, transforman el agua en vapor que, por medio de turbinas, mueve las máquinas que producen electricidad; por este procedimiento barcos y submarinos pueden navegar movidos por una inagotable fuente de energía.

Continuamente se realizan investigaciones en este sector.



APLICACIONES DE LA RADIACTIVIDAD

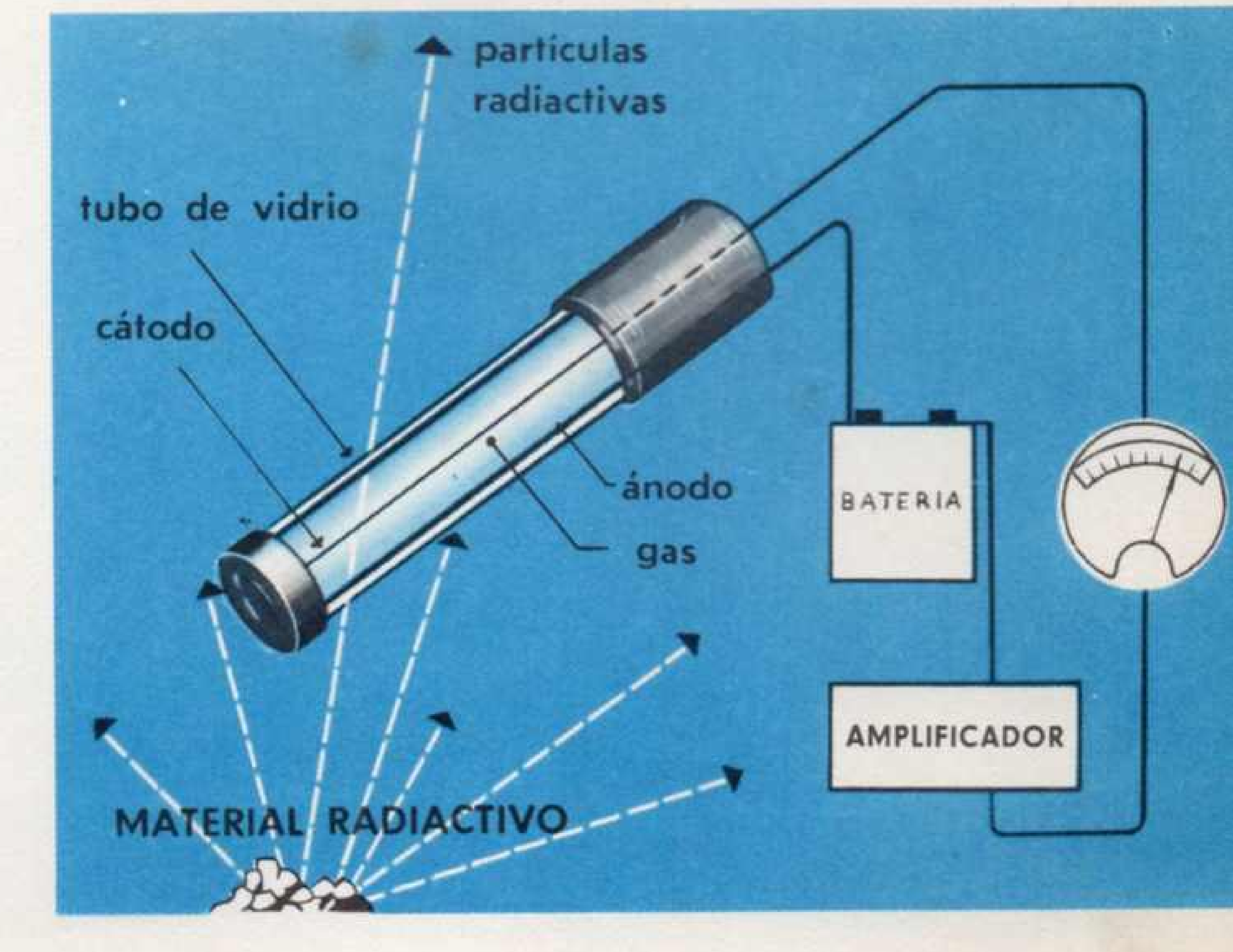
La ciencia al servicio de los descubridores

El hombre ha empleado los conocimientos sobre el átomo, de la fuerza atómica y de las propiedades de los elementos radiactivos para hacer progresar la ciencia y la técnica en los campos más diferentes por medio de aplicaciones prácticas y útiles.

Cuando los científicos comprendieron la importancia de las substancias radiactivas se propusieron dos objetivos: *a*) poder medir la radiactividad para conocer las substancias y emplearlas idóneamente; *b*) llegar a producir materiales radiactivos.

Pronto, tras el descubrimiento de las substancias radiactivas, se sintió la necesidad de disponer de instrumentos para descubrir las partículas atómicas; el primero de esos instrumentos fue la pantalla fluorescente que se hacía más o menos luminosa según las radiaciones que recibía. Pero más exacto y seguro demostró ser el contador Geiger, constituido por un cilindro lleno de gas a presión reducida, cuya parte exterior funciona por el polo negativo, y por un hilo metálico aislado que atraviesa el cilindro a lo largo de su eje y funciona por el polo positivo. En condiciones normales, el gas hace de aislante y no permite ninguna descarga. Pero si una partícula cargada de electricidad (protón, rayo cósmico, etcétera) penetra en el interior, arranca a los átomos un buen número de electrones que, atraídos por el polo positivo, generan una ligera descarga que ampliada puede ser dirigida a un altavoz o a un taquímetro que puede contar todas las partículas.

Lógicamente, las partículas provistas de



ARRIBA: El contador Geiger está constituido por un tubo de cristal con una mezcla de gas en cuyo centro se encuentra un hilo delgado. El tubo y el hilo están conectados con una batería capaz de producir chispas. Si una partícula dotada de una carga eléctrica entra en el tubo, hace que se desprenda una chispa que provoca un sonido que, ampliado, revela la presencia de substancias radiactivas. También el contador Geiger es empleado para la búsqueda de minerales radiactivos (abajo).

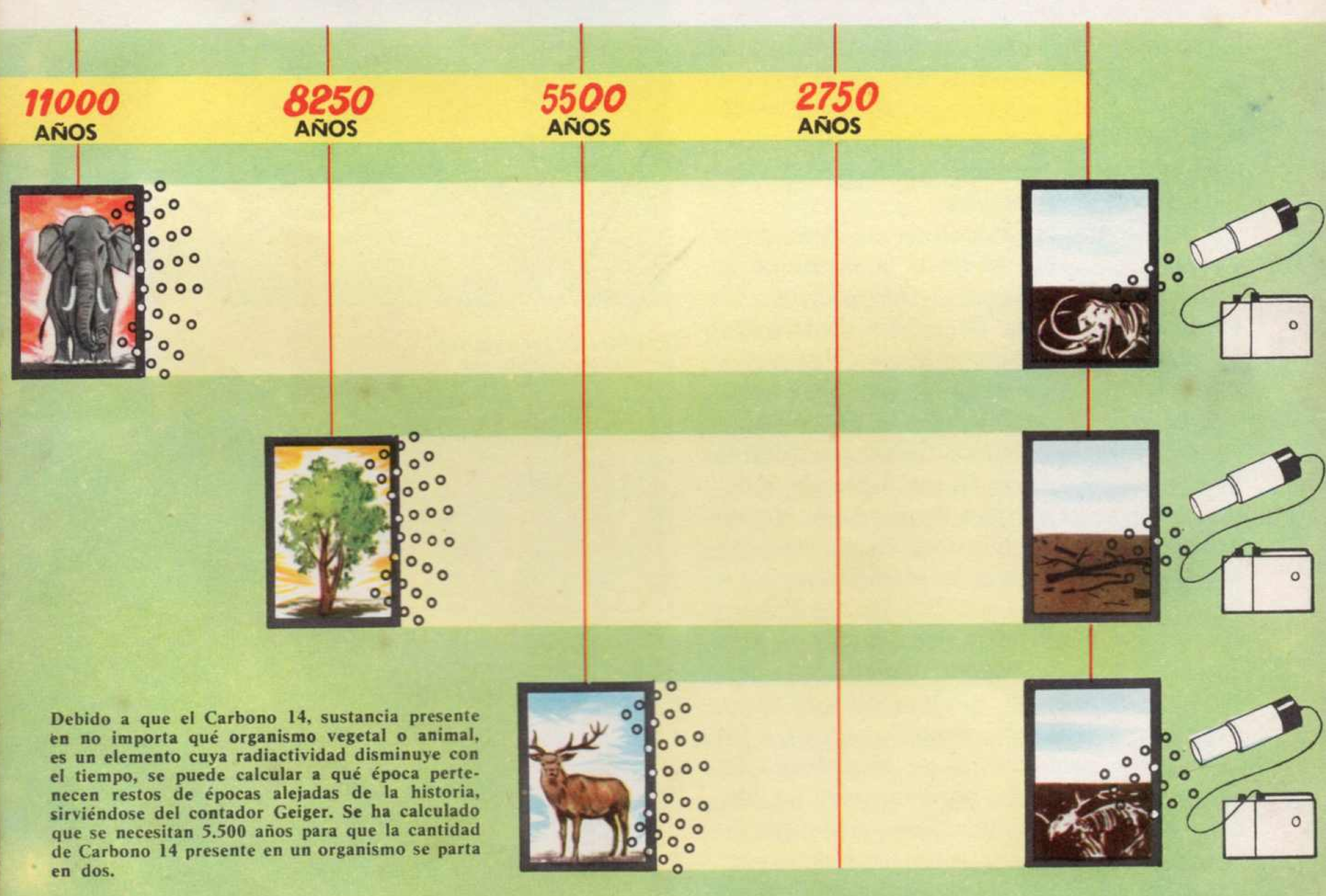


carga pueden poner en movimiento un contador Geiger del tipo descrito, pero los neutrones, que carecen de ella, no. Para el descubrimiento de los neutrones se emplea un contador lleno de boro gaseoso; este gas, alcanzado por los neutrones, emite partículas que dan lugar a una descarga.

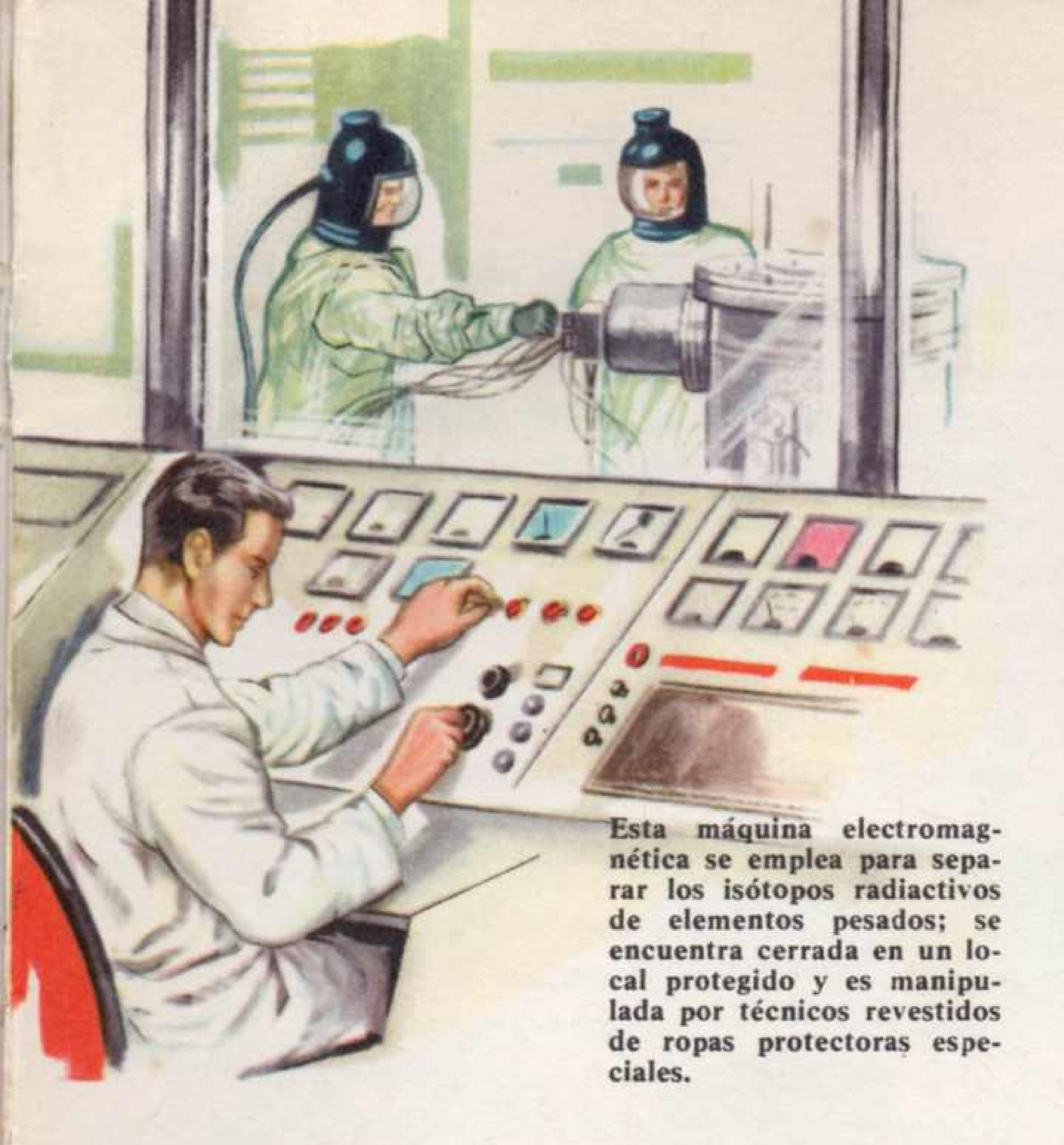
Pero en relación con la producción de materias radiactivas debemos volver, aunque brevemente, a la pila atómica. En ella los neutrones, incidiendo sobre núcleos de uranio, los parte y libera otros neutrones, y, así, en cadena. Si los neutrones encuentran un núcleo de no importa qué substancia, producen isótopos, es decir, alteran en ella el número de neutrones, generando, como consecuencia, una pequeña diferencia en el peso del átomo. Por ejemplo, un isótopo de carbono es siempre carbono, pero su átomo pesa ligeramente más o menos que el del carbono natural porque su núcleo tiene algún neutrón de más o de menos. Si se introducen en la pila atómica diferentes substancias, éstas se transforman en isótopos radiactivos de las mismas substancias cuando el cambio no ha sido capaz de producir una transformación de ellas.

Considerando las numerosas posibilidades de empleo en el campo de la industria, biológico, químico, etc., la industria de los isótopos radiactivos o radioisótopos ha alcanzado un rápido impulso y existen centros especializados para producirlos y lanzarlos al mercado.

Los radioisótopos se emplean fundamentalmente como fuentes de radiación o como



Debido a que el Carbono 14, sustancia presente en no importa qué organismo vegetal o animal, es un elemento cuya radiactividad disminuye con el tiempo, se puede calcular a qué época pertenecen restos de épocas alejadas de la historia, sirviéndose del contador Geiger. Se ha calculado que se necesitan 5.500 años para que la cantidad de Carbono 14 presente en un organismo se parta en dos.



Esta máquina electromagnética se emplea para separar los isótopos radiactivos de elementos pesados; se encuentra cerrada en un local protegido y es manipulada por técnicos revestidos de ropas protectoras especiales.

indicadores o trazadores atómicos, como se les suele definir. Como fuentes de radiación son utilizados con preferencia para curar tumores. Los radioisótopos, introducidos en el cuerpo humano, llegan directamente a la parte del organismo que tiene necesidad de los efectos de sus radiaciones.

Como indicadores o trazadores, los radioisótopos tienen un campo de aplicación más amplio.

En medicina contribuyen grandemente a facilitar el diagnóstico, haciendo posible algunos de ellos que, de otro modo, hubiera sido muy difícil establecerlos. Para conocer el estado de la glándula tiroides, por ejemplo, se puede suministrar al paciente una pequeña cantidad de yodo radiactivo, que se concentra en dicha glándula. Luego, al examinar el cuello del enfermo con un contador especial, el médico obtiene datos sobre la dimensión exacta de esta glándula y su capacidad de asimilación del yodo, descubriendo su funcionamiento.

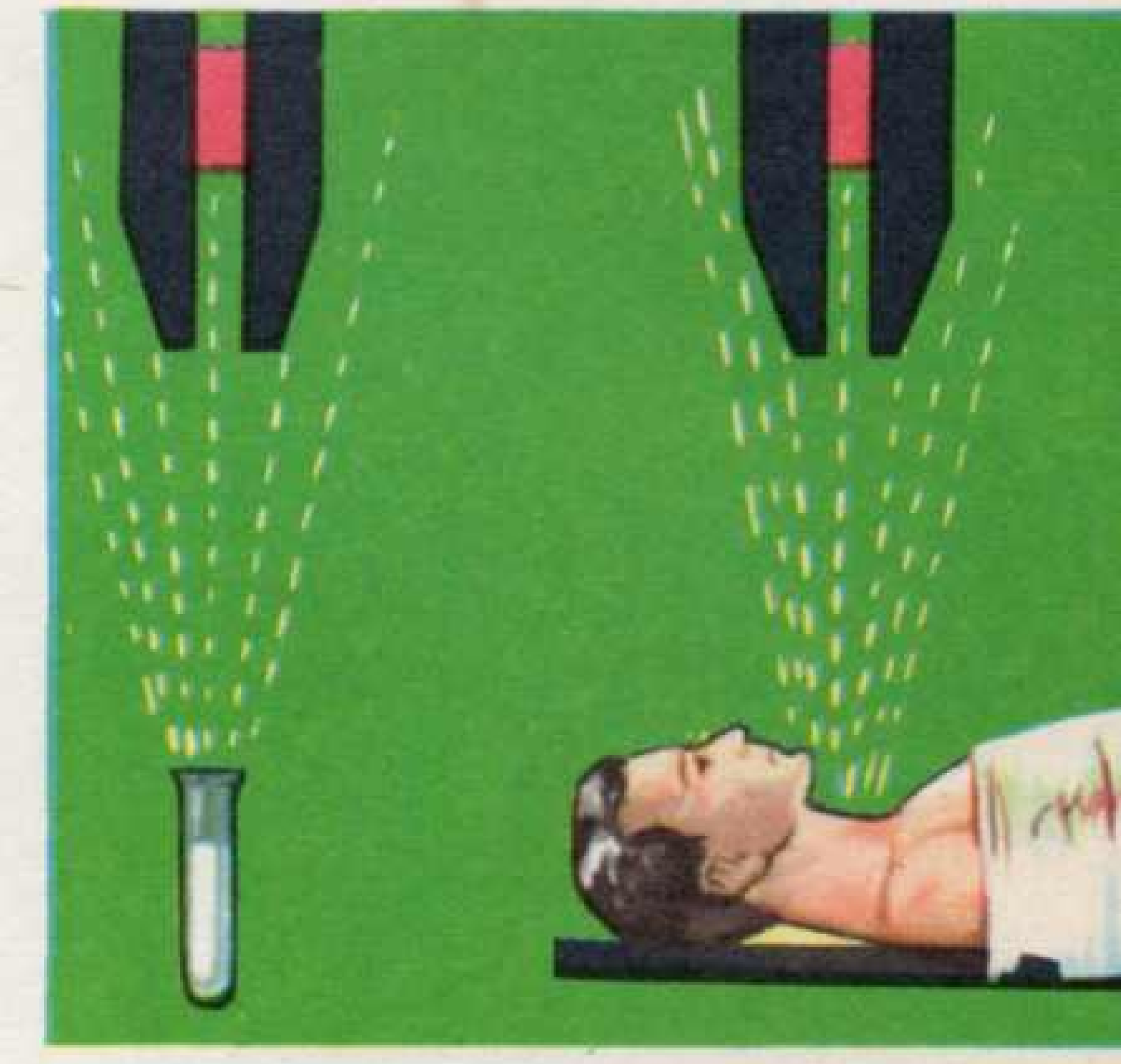
En otro caso, una inyección endovenosa de una solución de sodio radiactivo puede descubrir una obstrucción de una arteria. Basta con seguir la circulación de la sangre con un contador Geiger para descubrir dónde ésta se para.

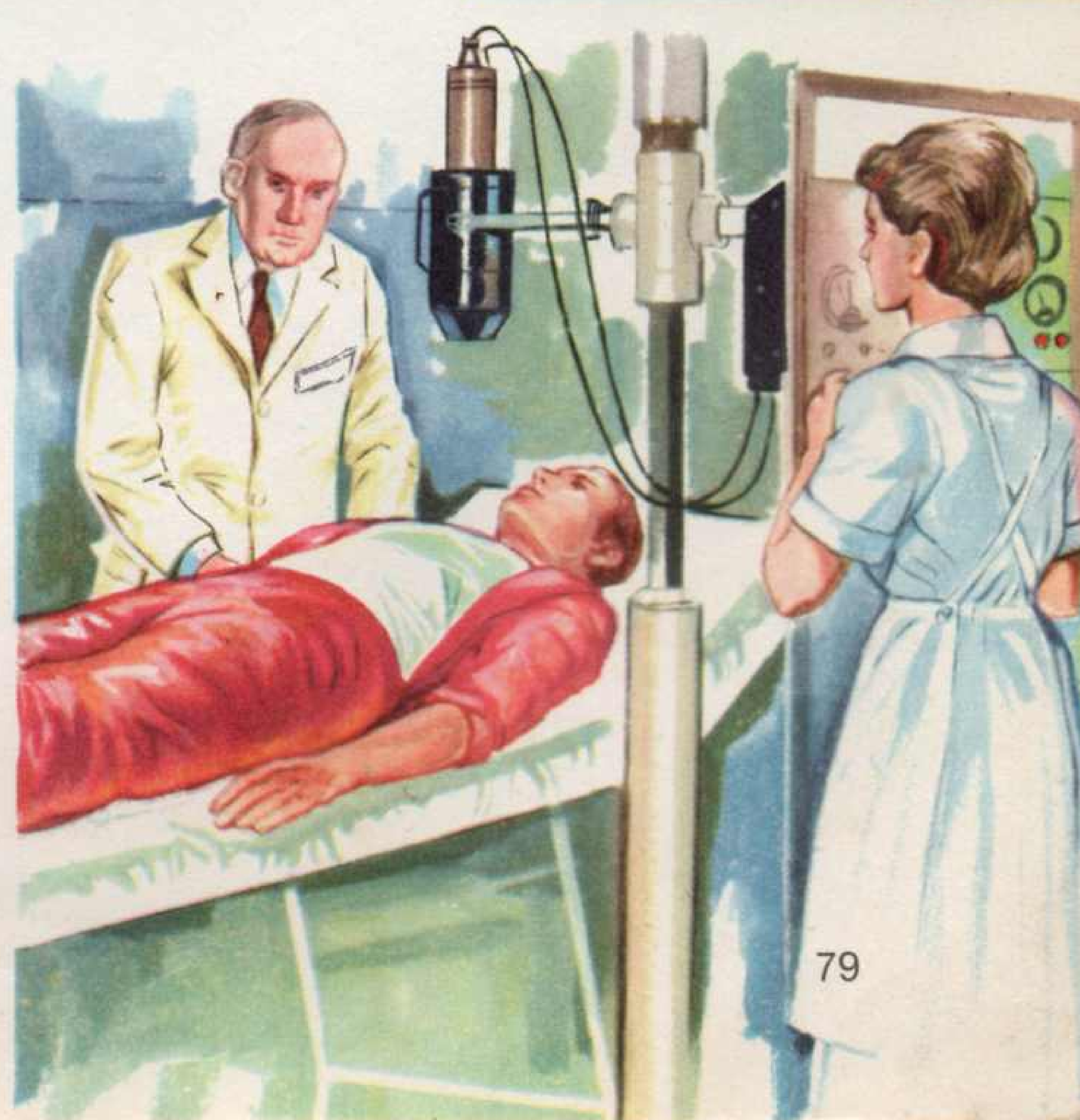
En la industria los radioisótopos se emplean para descubrir defectos de fusión (radiografía industrial); en los espesímetros que controlan los laminados plásticos, metálicos o capas de barniz; en los barnices fosforescentes, etc.

Pongamos como ejemplo el control de un líquido a lo largo de una tubería. Supongamos que un mismo oleoducto debe ser habilitado para transportar lubricantes de varios tipos que deben ser dirigidos, a su llegada, a depósitos diferentes. En este caso, para no incurrir en error, basta con introducir en los líquidos una mínima cantidad de materia radiactiva que circula con ellos y que llegada al término señala a los operarios, por medio de un contador, el momento exacto en que deben ser dirigidos al depósito.

Las propiedades de las substancias radi-

El contador Geiger es también muy útil en medicina: sirve para medir la cantidad de yodo que existe en el tiroides de un paciente al que se le ha suministrado una dosis de radio-yodo para calcular el funcionamiento de la glándula (abajo). En la parte derecha vemos en esquema cómo la intensidad de las radiaciones es revelada, incluso a través del cuerpo, por el contador Geiger, situado a la altura del cuello.



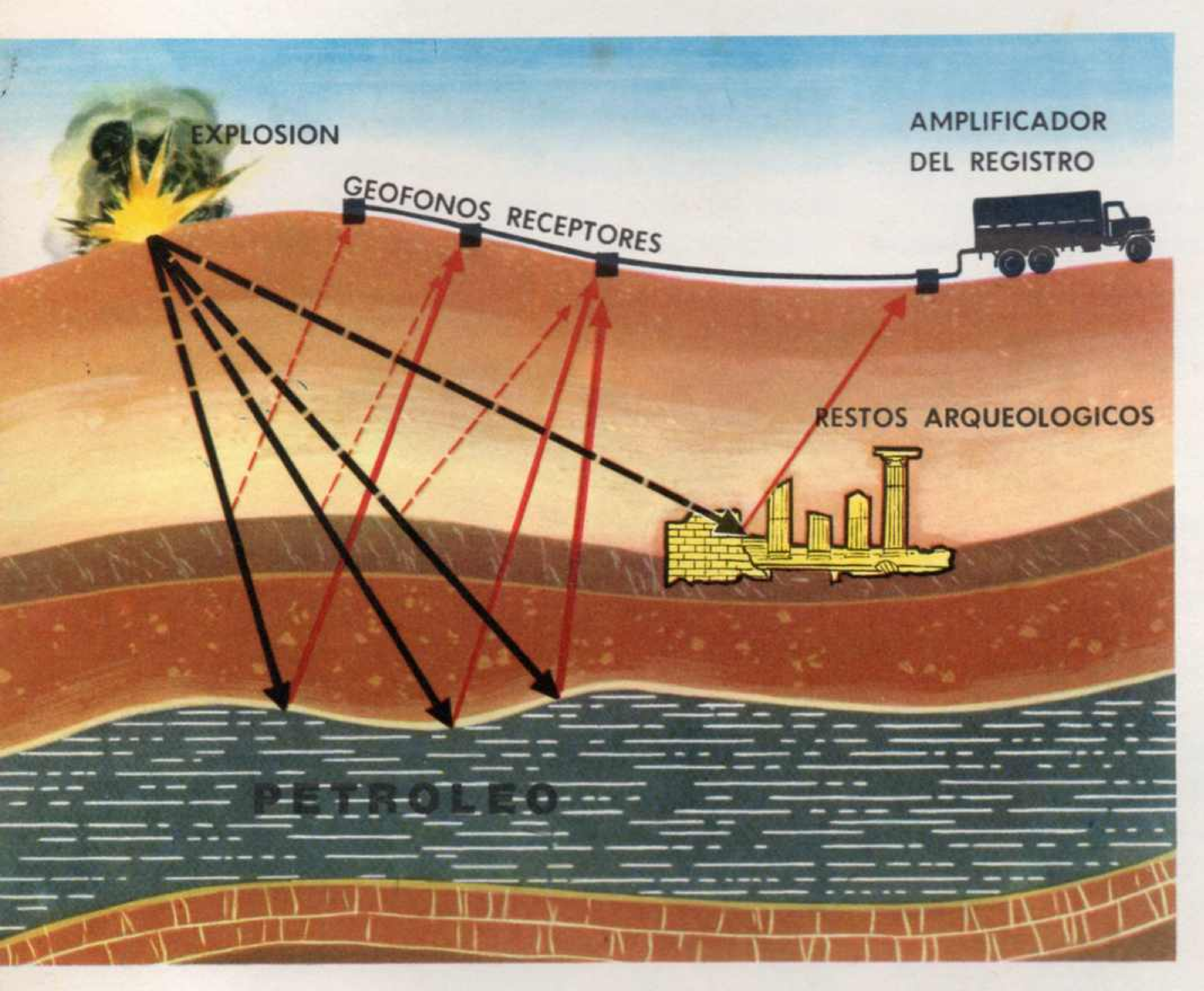


activas han facilitado también sensacionales descubrimientos. He aquí un ejemplo. En la desintegración de un átomo de ázoe se obtiene carbono 14 (existen seis clases de carbono, el 10, el 11, el 12, el 13, el 14 y el 15, de peso atómico diferente), que tiene la propiedad de ser radiactivo y que emite radiaciones que pueden ser captadas y medidas por contadores. Pero el carbono 14 tiende a transformarse de nuevo en ázoe. Los científicos han establecido el tiempo que necesita para su desintegración, lo que les permite calcular, midiendo la radiactividad, la edad de las materias que lo contienen. De esta forma se ha podido calcular la edad de momias, de restos arqueológicos, etc., así: si la medición, por ejemplo, del cuerno de un ciervo encontrado en una caverna prehistórica, demuestra que tiene exactamente la mitad de la radiactividad de los de un ciervo sacrificado recientemente, se deduce que aquél ha permanecido en la gruta cerca de 5.500 años.

Otro aspecto sorprendente por lo inusitado que parece, lo constituye la aplicación de la electricidad en el descubrimiento de restos arqueológicos en aquellos lugares que se supone contienen restos de antiguas civilizaciones, pero cuya existencia es difícil de localizar con exactitud.

Los arqueólogos emplean la llamada prueba de resistencia, que sirve para medir la resistencia que el terreno opone a la electricidad. De este modo, cuando investigan sobre un territorio que hace siglos estaba habitado, localizan bloques de piedra o construcciones antiguas por medio de una sonda metálica que registra un aumento de la resistencia.

Para descubrir restos de cerámica, los arqueólogos emplean un instrumento muy útil y curioso, el magnetómetro-protón, que actúa como un imán y que está constituido por un protón, que funciona como un giroscopio y cambia su dirección cada vez que se acerca a una fuerza magnética por débil que sea.





Para localizar la presencia de petróleo o de restos arqueológicos, se emplea a menudo la técnica de la prospección sísmica; para ello se provoca una explosión y las ondas causadas son recogidas, amplificadas y registradas. La diferencia en los diagramas tomados de los diferentes puntos del terreno, indica la presencia y la profundidad de lo que se busca.

INSTRUMENTOS PARA EL ESTUDIO DE LOS CUERPOS CELESTES

Conocimiento del Universo

El Universo es el conjunto de todos los cuerpos celestes. La Tierra es un planeta que forma parte del sistema solar; el sistema solar, a su vez, unido a millones de otros sistemas solares, forma parte de la Vía Láctea, y la Vía Láctea no es más que una de las innumerables galaxias diseminadas en el espacio. Se cree que en el Universo giran más de dos mil millones de galaxias, muchas de las cuales tienen más soles que la Vía Láctea. Los astrónomos las han dividido en tres categorías: en espiral, como la Vía Láctea y su galaxia gemela Andrómeda; elípticas, en forma de esfera o de disco alargado, e irregulares, constituidas por una amalgama estelar informe.

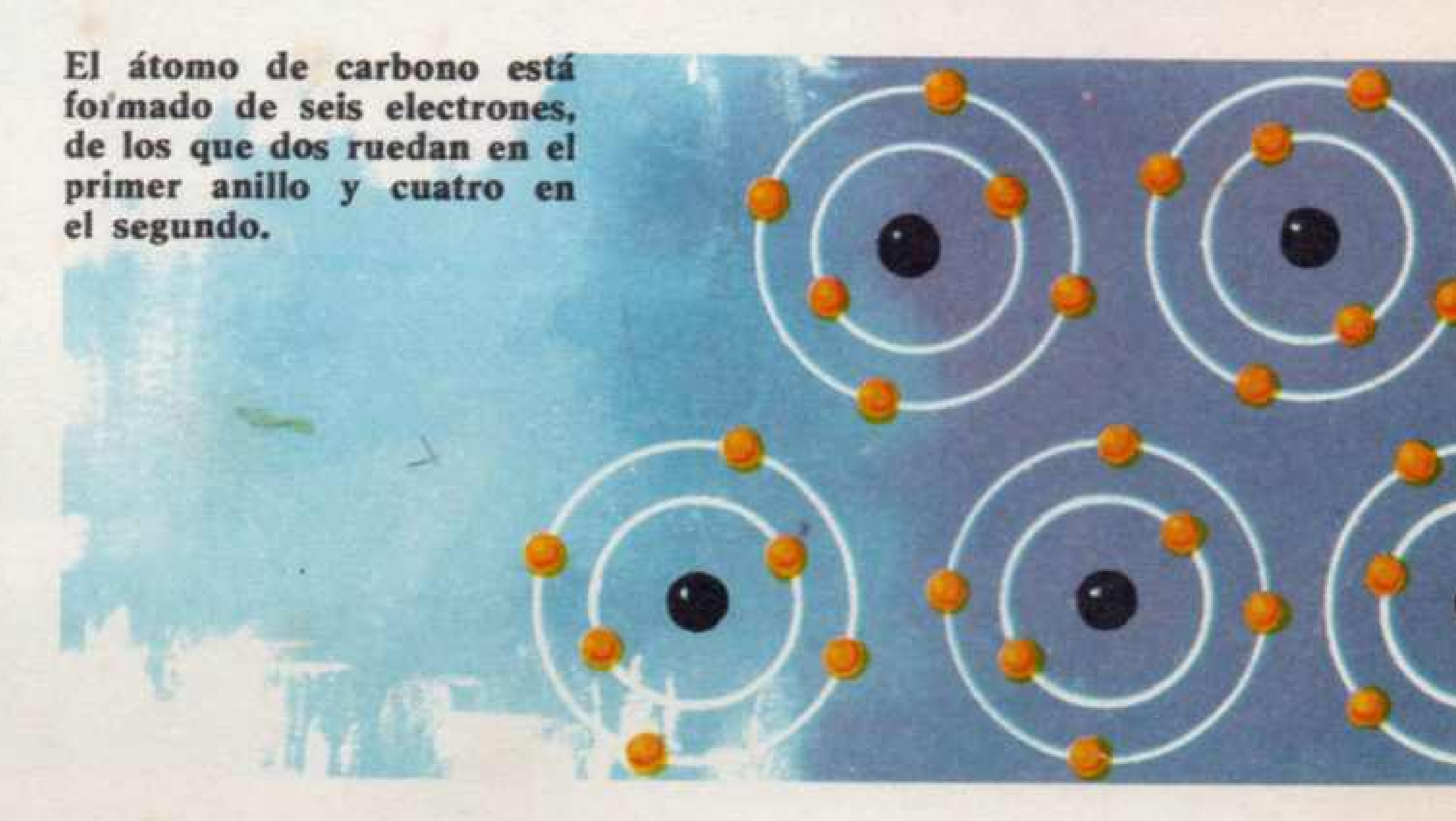
Muy importantes son las nubes de polvo cósmico y de gas que vagan entre las galaxias en espiral y las irregulares; representan la materia que origina los cuerpos celestes.

Según las modernas teorías, que en el fondo son las de los antiguos filósofos griegos, el Universo ha sido formado por una primitiva nube de hidrógeno (el hidrógeno es el componente fundamental de todas las estrellas) que giraba en el espacio. Poco a poco las varias partes de que se componía se soldaron en un cuerpo cada vez más grande, manteniéndose unidas por la fuerza de gravedad; la temperatura interna de estos cuerpos aumentó y con ello los átomos de hidrógeno comenzaron a reaccionar, dando origen a una serie de elementos de la tabla periódica (en esta tabla los elementos están ordenados según sus propiedades químicas), desde el

El peso del átomo lo da casi únicamente el número de neutrones y de protones que constituyen el núcleo, porque los neutrones no pesan casi nada. El átomo de hidrógeno que vemos en la ilustración, está compuesto de un protón en torno del cual gravita un electrón.



En el átomo de helio, en torno a los dos protones y a los dos neutrones del núcleo ruedan dos electrones.



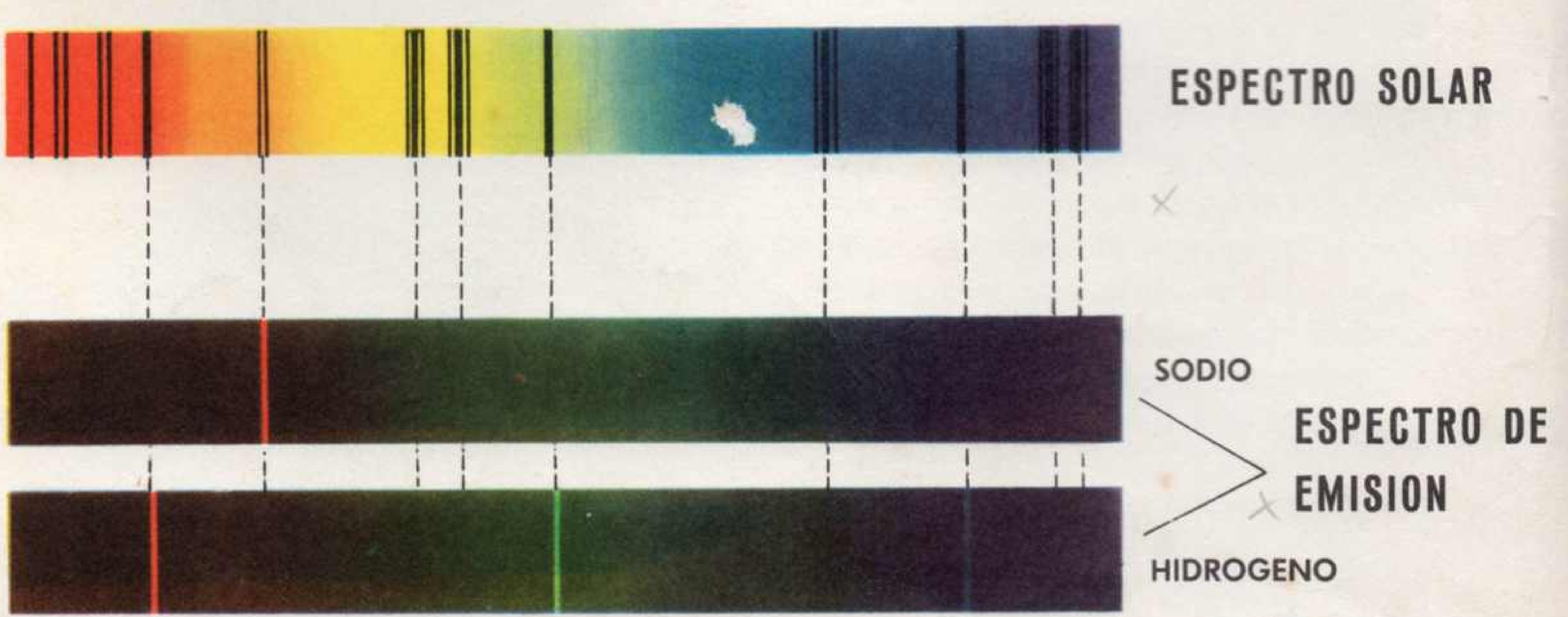
El átomo de carbono está formado de seis electrones, de los que dos ruedan en el primer anillo y cuatro en el segundo.

Esquema del espectroscopio: este instrumento que los astrónomos usan para estudiar los cuerpos celestes, sirve para descomponer la luz de éstos. Del estudio de los diferentes colores que forman la luz de las estrellas y de los planetas se obtiene la composición química de su atmósfera, el aspecto físico de su superficie y la velocidad a la que se aproximan o se alejan de nosotros. El espectroscopio actúa como un prisma atravesado por un haz de luz: la luz se descompone en todos los colores del arco iris.

helio al carbono, del hierro al calcio y así sucesivamente. Nacieron las estrellas y las galaxias.

Nuestro planeta se formó de una primitiva nube de polvo hace casi mil millones de años. Todos los cuerpos celestes tienen la misma composición química. En todo el Universo encontramos siempre la misma materia en estado sólido, líquido, gaseoso, de plasma o en forma de energía o de radiaciones.

A estos conocimientos se ha llegado por medio de la astrofísica, parte de la astronomía que estudia el estado físico y químico de los cuerpos celestes. Esta ciencia se funda, sobre todo, en el análisis espectral, es decir, en el análisis de los rayos de luz emitidos por los cuerpos celestes. El análisis espectral da resultados verdaderamente sorprendentes. Permite a los científicos no sólo conocer los elementos que componen las capas externas de los cuerpos celestes, sino, incluso, su temperatura, la dirección que siguen en el espacio —si se alejan o acercan a otros cuerpos celestes— y, finalmente, que cuando más se alejan mayor velocidad adquieren, velocidad que, sin embargo, por grande que sea, nunca puede sobrepasar la de la luz, pues, como ha dicho Einstein, nada en el Universo puede superar la velocidad de la luz. Los instrumentos con los que los científicos estudian los cuerpos celestes son, además de los telescopios y de los radio-telescopios, el pireliómetro, que mide la intensidad de las

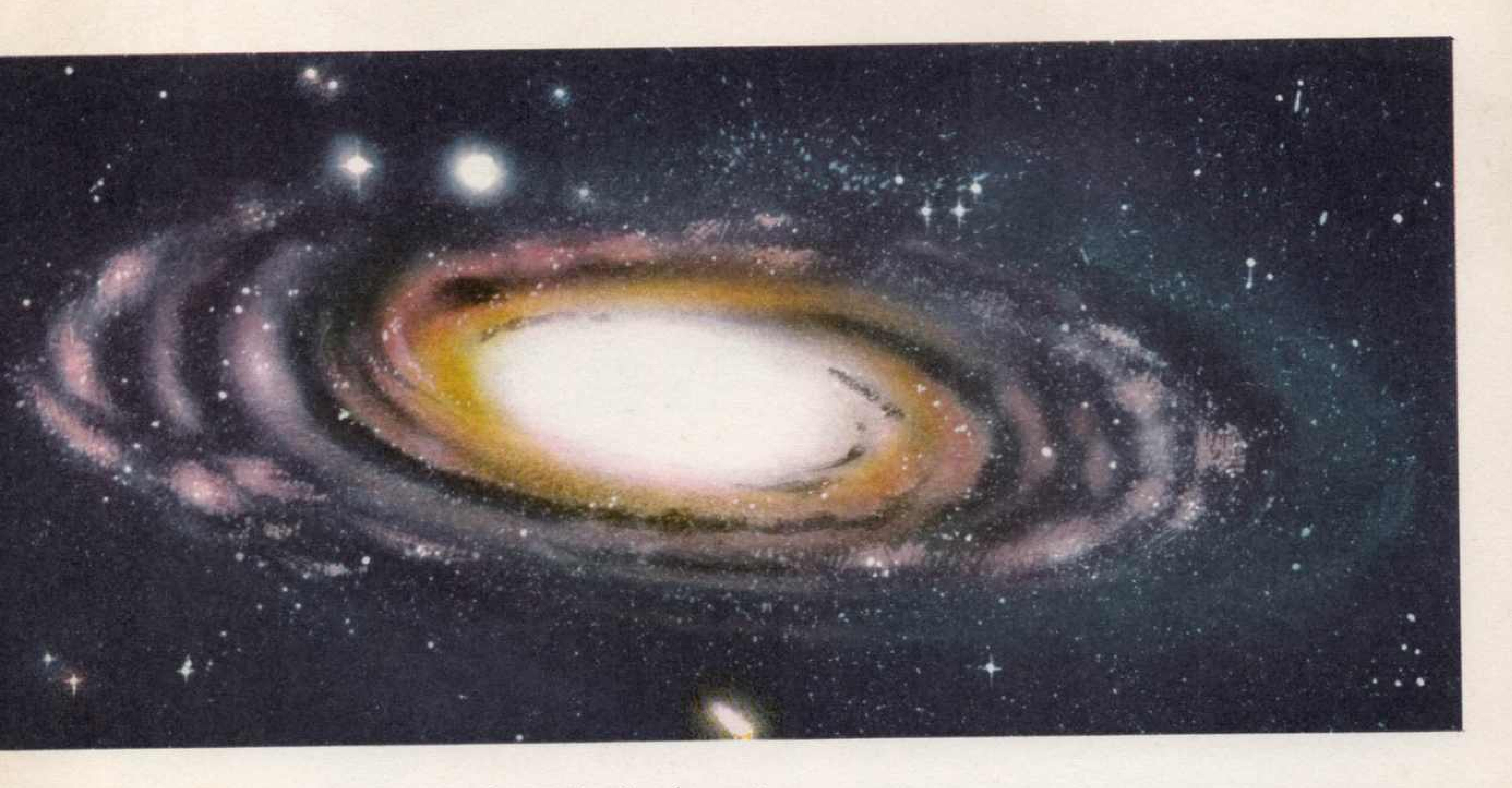


radiaciones de los astros (esta palabra procede del griego: *pir* —fuego— y *helio* —Sol—); el coronógrafo, que permite ver la atmósfera del Sol, llamada corona, y el espectroscopio. El más grande de ellos es el espectroscopio, que consiste, esencialmente, en un prisma óptico y sirve para el análisis espectral. La luz normal brilla con diversos colores o en ondas luminosas. Estos colores, al menos hasta cierto punto, se pueden separar (empleando, por ejemplo, un prisma de cristal) para producir un espectro, es decir, un conjunto de rayos luminosos, como hizo Newton y antes que él Leonardo de Vinci. Hasta la luz de las estrellas más lejanas, y no sólo la del Sol, se divide en un bellísimo haz de radiaciones en el que se encuentran todos los colores del arco iris cuando se hace pasar a través de un prisma triangular. ¿Por qué se obtienen todos estos colores? Porque la luz está formada por un gran número de radiaciones que tienen diferente color según su longitud de onda, es decir, de su frecuencia. El origen de la luz, como hemos visto en el capítulo anterior, se encuentra en los saltos de los electrones de una órbita a otra. Si el salto se produce entre dos órbitas alejadas del núcleo, se libera menos energía y la onda luminosa tiene, por consiguiente, una frecuencia baja (onda larga) y una coloración roja; si el salto se produce entre dos órbitas más próximas al núcleo, se tiene más energía y onda luminosa de alta frecuencia (onda corta) que toma un color violeta. Como las radiaciones de mayor frecuencia tienen mayor energía, tienen también una temperatura más elevada. Las radiaciones violeta indican una temperatura mayor que una radiación roja o amarilla. Observando las radiaciones que dominan en dos estrellas se podrá establecer cuál de las dos tiene una mayor temperatura. Todo elemento químico se diferencia por la estructura de los átomos y por el número y la posición de los electrones; por lo tanto, todo elemento emana radiaciones típicas. Observando el espectro de una estrella se verá aparecer, en determinada posición, unas rayas especiales que son como la



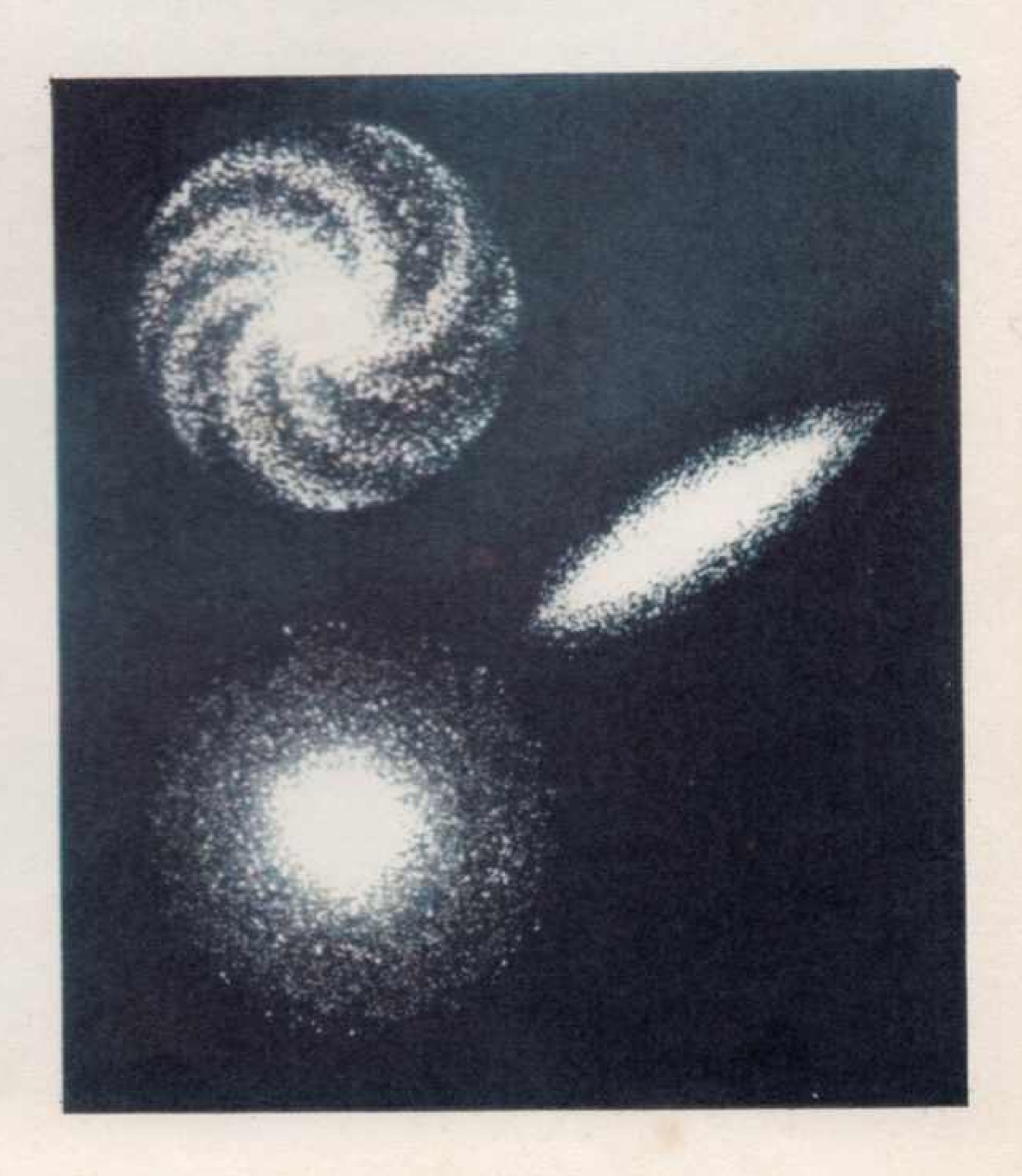
Torre solar de Arcetri. Esta torre está construida con cemento armado y mide 25 metros de altura. Encierra un tubo de anteojos de larga vista sobremontado de un espejo giratorio. Los rayos solares que llegan al anteojo atraviesan un sistema de espejos y lentes y pasan al espectrógrafo o espectroeliógrafo. Con este instrumento la imagen del disco solar es estudiada sobre la base de las emanaciones de una sola radiación (generalmente la del hidrógeno).

En la parte inferior: Dos fotografías del Sol obtenidas una con luz blanca (arriba), y de hidrógeno (abajo).



firma autógrafa de un determinado elemento. El hidrógeno se descubre siempre en el espectro por medio de cuatro rayas, una roja, otra azul y dos violeta. Cuando las rayas características de los varios elementos existentes en un cuerpo celeste aparecen cambiadas respecto a su posición ordinaria, nos indican que dicho cuerpo se aleja o aproxima: se aleja si las rayas se mueven hacia el rojo, es decir, hacia la mayor longitud de onda; se aproxima si se mueve hacia el violeta, o sea hacia las ondas de menor longitud, cortas. El análisis espectroscópico de las galaxias ha permitido establecer con seguridad un movimiento general de cada una de sus líneas hacia el rojo; tienden, por lo tanto, a alejarse, a huir en el espacio, lo que ha dado origen a la reciente teoría del Universo en expansión.

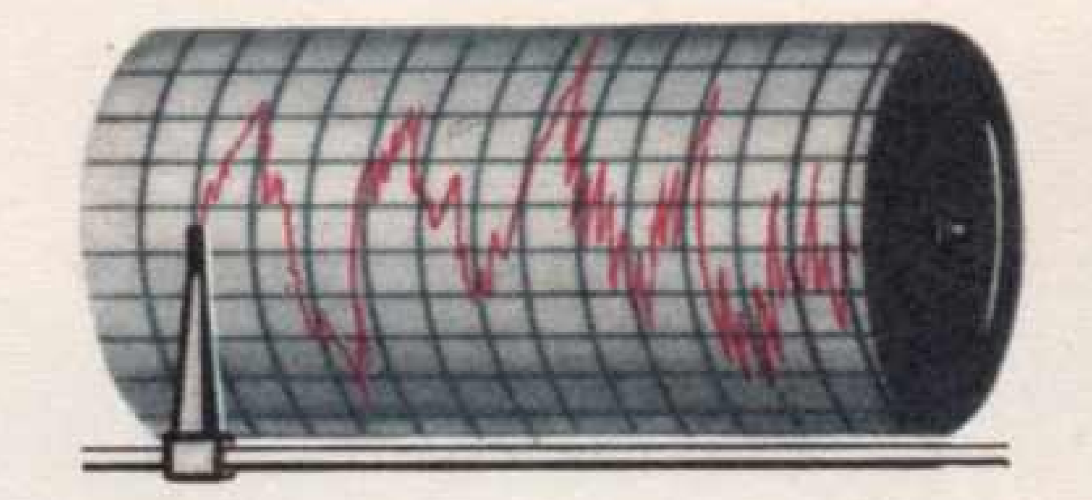
Entre las nebulosas, aglomeración de cuerpos celestes, la de Andrómeda es la mayor de las galaxias en forma de espiral. Situada en el hemisferio boreal, fue descubierta en 1612 (arriba). BAJO: Algunas formas esquemáticas de nebulosas.

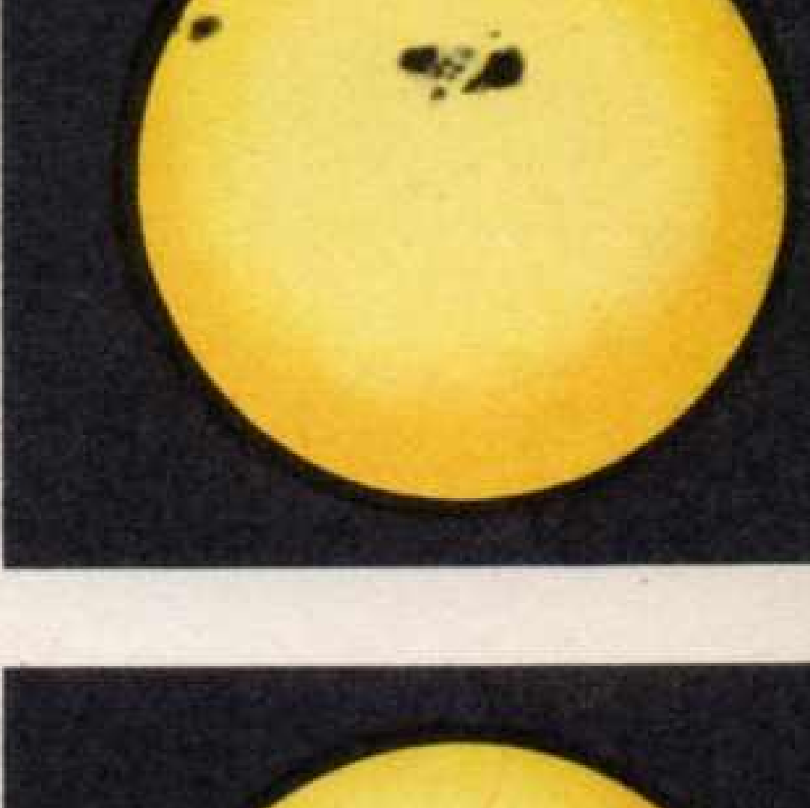


El Sol es una estrella que los astrónomos han estudiado de un modo particular debido a su proximidad a la Tierra. Es una estrella amarilla de mediana magnitud compuesta de una fotosfera (la superficie brillante que vislumbramos y que tiene una temperatura de cerca de 6.000 grados) y de tres capas gaseosas superpuestas: la baja atmósfera solar, la cromosfera y la corona.

Sobre la fotosfera se extiende una capa gaseosa (baja atmósfera solar) de unos 600 kilómetros de altura, formada por el mismo gas de la fotosfera pero menos caliente. Encima se encuentra la cromosfera, es decir, la verdadera atmósfera del Sol, de unos 10 a 15.000 mts. de altura. El análisis espectral revela que se halla formada por un 90 por 100 de hidrógeno más vapores de helio, calcio, titanio y aluminio. Gracias a instrumentos especiales, hasta sus partes internas son visibles. Durante los eclipses solares aparece como un anillo sanguinolento que circunda este astro. En la cromosfera se elevan grandes penachos, producidos por erupciones gaseosas de substancias incandescentes y sobre ella se encuentra la corona, con una altura que varía según la actividad del Sol y que puede alcanzar los 300.000 kms. Está constituida por gases de elementos conocidos en la Tierra. En el Sol se encuentran, por lo menos, unos sesenta elementos que existen en la Tierra y aquellos que no aparecen en el espectro pueden encontrarse en capas interiores o existir en cantidades tan pequeñas que produzcan rayas demasiado débiles.

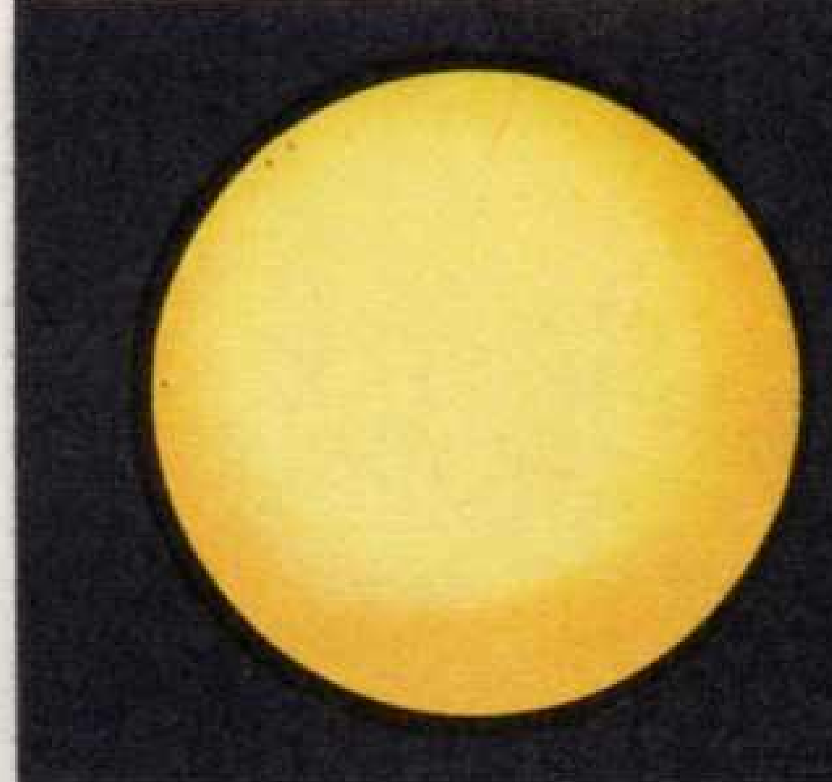
También son visibles, incluso a simple vista, las manchas solares de la fotosfera. Fueron descubiertas por Galileo en 1610 y parece que son debidas a erupciones de vapor metálico. En la actualidad se estudia el Sol con un conjunto de instrumentos, que lleva el nombre de "torre solar". La torre solar, de cemento armado, lleva en su cima dos espejos: uno móvil que sigue al Sol en su movimiento y uno fijo que recoge la imagen solar y la envía a un telescopio situado en la base de la torre; éste aumenta la imagen sobre una pantalla especial. Forman parte del conjunto de instrumentos de la torre el espectógrafo, que fotografía los espectros; el espectroheliógrafo, que estudia la distribución de los elementos del Sol, y el espectrohelioscopio, que estudia la evolución de las erupciones de la fotosfera y de la cromosfera.





Por medio de una ciencia bastante reciente, la radioastronomía, se pueden estudiar muchos fenómenos celestes, como las erupciones del Sol (arriba), o sus períodos de calma (abajo), basándose en la diversa intensidad de las radiaciones emitidas y registradas por aparatos especiales.





La radiastronomía se basa en el estudio de las radio ondas y se sirve de potentes radiotelescopios que captan señales de cuerpos celestes, que se encuentran, a veces, a miles de millones de años luz de nosotros.



EL HOMBRE EN EL ESPACIO



En 1926, en Massachusetts, el profesor Robert Goddard lanzó por primera vez un cohete propulsado por combustible líquido (arriba). El V2 se puede considerar como la primera bomba cohete. Creada en Alemania hace cerca de veinte años, tenía un alcance de 350 kilómetros y una velocidad superior a los 5.000 kilómetros hora (abajo).

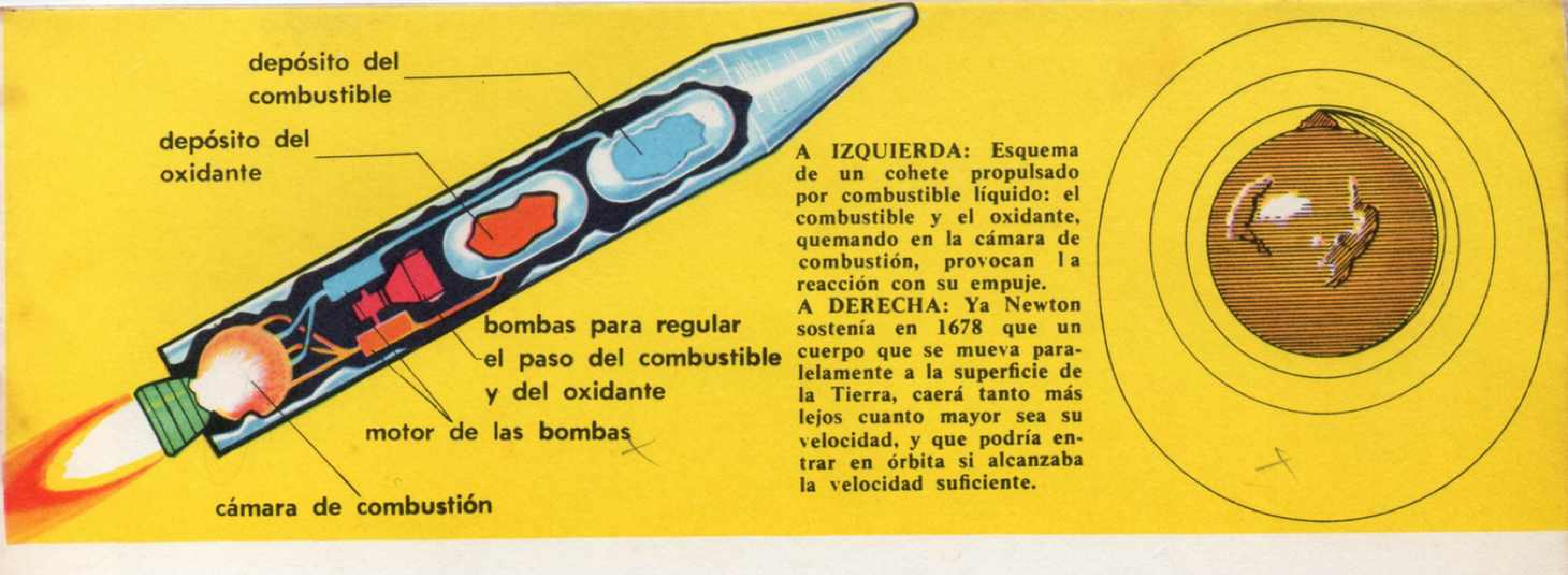
El viaje a otros planetas

En 1865, Julio Verne, en su novela "De la Tierra a la Luna", imaginó que una cabina habitable, de 9 toneladas de peso, era lanzada hacia la Luna por un gigantesco cañón. Otros autores de novelas de ciencia ficción han imaginado, para el lanzamiento de naves al espacio, diferentes ingenios, como hondas, tubos a presión de aire. Todo, naturalmente, es fantasía.

Cuando este problema se planteó científicamente se vio que el único medio para lanzar un proyectil fuera de la Tierra era el cohete, fundado en el principio de la reacción: el cohete lleva consigo el comburente y el combustible, es absolutamente independiente del medio en el que se mueve y puede alcanzar enormes velocidades.

La primera noticia que se tiene sobre los cohetes nos llega de la China, donde los emplearon como arma de guerra contra los tártaros. Estos cohetes no eran más que "flechas volantes" con un depósito que contenía materias incendiarias (azufre y carbón). Al encenderse, el cohete forma una gran cantidad de gas que, saliendo con fuerza de la parte posterior, imprime un impulso en sentido contrario y provoca la propulsión.

Por medio de los árabes llegaron los cohetes a Europa, donde fueron empleados, sobre todo, como fuegos artificiales. Vuelve a aparecer como arma, empleada por los ingleses, durante las guerras contra Napoleón. Pero el progreso de la artillería hizo que se abandonaran, siendo, sin embargo, vueltos a estudiar en el período comprendido entre las



A IZQUIERDA: Esquema de un cohete propulsado por combustible líquido: el combustible y el oxidante, quemando en la cámara de combustión, provocan la reacción con su empuje.
A DERECHA: Ya Newton sostenía en 1678 que un cuerpo que se mueva paralelamente a la superficie de la Tierra, caerá tanto más lejos cuanto mayor sea su velocidad, y que podría entrar en órbita si alcanzaba la velocidad suficiente.

dos guerras mundiales. En 1898, ya el ruso Tziolkowski (1857-1935), imaginó dotar a los cohetes de combustible líquido y sólido; los cohetes a carburante líquido (dos veces más veloces que los propulsados con pólvora), han sido el elemento esencial para la realización de los vuelos espaciales. En 1923, el norteamericano Goddard, basándose en esta concepción, construyó el primer motor a reacción, alimentado con oxígeno líquido y gasolina, y en 1926 un cohete a carburante líquido fue disparado en Auburn, en Massachusets.

En Europa, los alemanes lanzaron en 1931 el Mirak II, un pequeño cohete a carburante líquido de 60 centímetros de largo y 5 kgs. de peso, con un alcance de 600 metros. El interés por los cohetes, que se podían transformar en una arma muy mortífera, aumentó durante la segunda guerra mundial. Los alemanes crearon en Peenemunde, pequeña isla del Báltico, un centro de investigaciones sobre los cohetes, de donde salieron las famosas bombas volantes V1 y V2, lanzadas contra Inglaterra como armas de represalia (V es la abreviatura de vergeltung, represalia).

Sobre todo tuvieron gran importancia los V2, que con sucesivas transformaciones sirvieron a los soviéticos y a los norteamericanos para la exploración científica y para el lanzamiento de astronaves. El V2, realizado entre 1940 y 1942, tenía una longitud de 14 mts., pesaba 12 toneladas, tenía una velocidad de cerca de 6.000 kms. por hora, y un alcance de 350 kms. Estaba provisto de un piloto automático constituido por dos giróscopos que dirigían el cohete y controlaban su inclinación. Su carburante era una mezcla de alcohol etílico y oxígeno líquido.

Quien pensó por primera vez en emplear los cohetes para viajes espaciales fue el ruso Tzalkowski, quien llegó a proyectar astronaves metálicas. El centenario de su nacimiento, en 1957, se lanzó en la Unión Soviética el primer satélite artificial, el Sputnik. Otros pio-

En la colocación en órbita de un satélite, por medio de cohetes de tres pisos, éstos se desprenden cuando su carburante se ha agotado. Cuando el tercer piso entra en órbita libera al satélite que prosigue solo su carrera.



Lanzamiento de un cohete en su fase inicial. La violenta expulsión del gas por la parte posterior del cohete, da, por reacción, el impulso propulsor.

Según la velocidad (derecha), el satélite recorre órbitas diferentes. Su velocidad mínima es aquella en la que describe una órbita circular (7,9 kilómetros por segundo). Aumentando la velocidad la órbita se hace elíptica, aplastándose y estirándose cada vez más. A 11,2 kilómetros por segundo, el satélite no está sometido a la fuerza de gravedad de la Tierra, recorriendo por lo tanto una órbita que lo aleja indefinidamente de nuestro planeta y que se llama «velocidad de fuga».

neros de los cohetes fueron el norteamericano Goddard y el alemán Hermann Oberth.

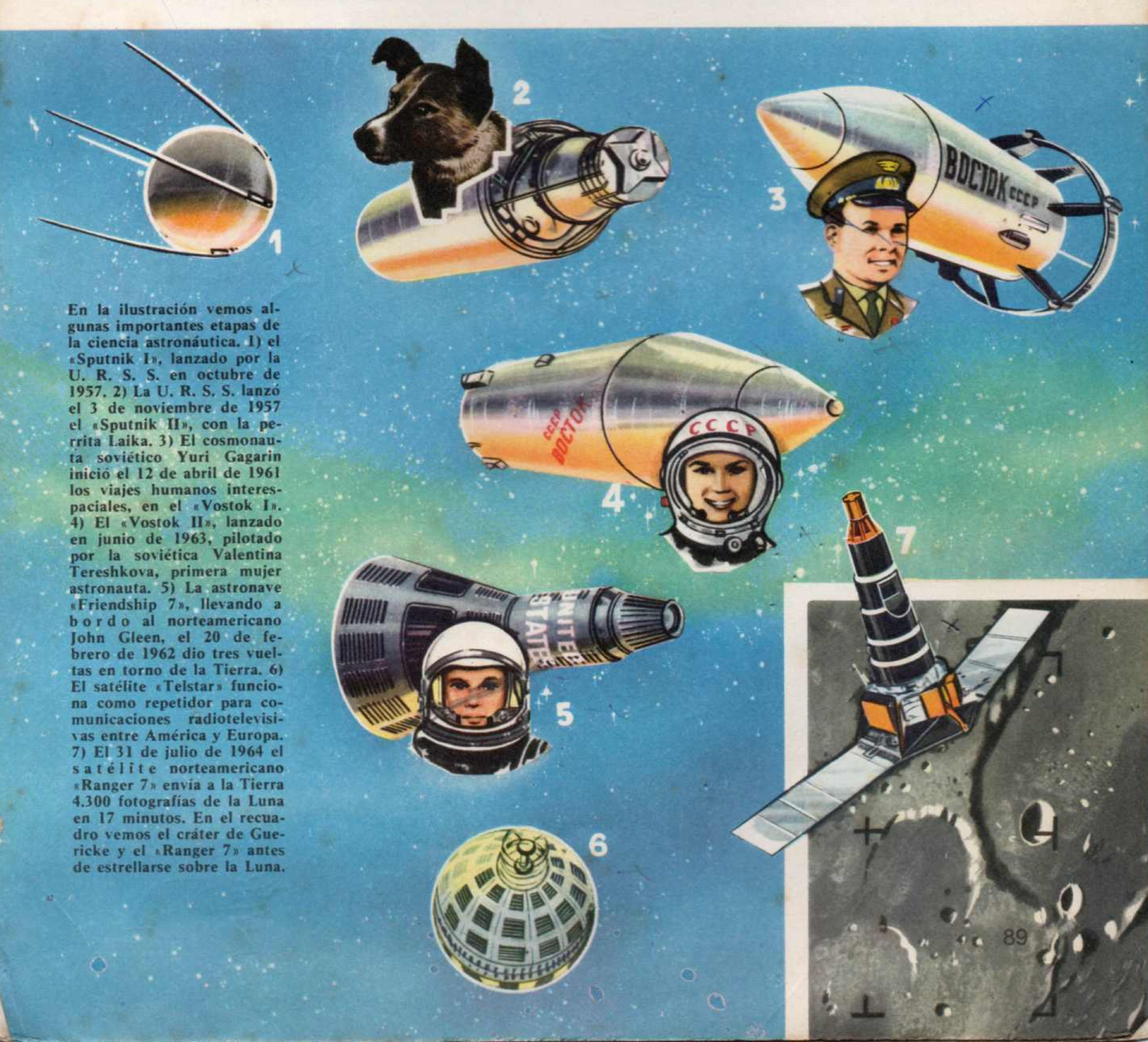
En todo este período se multiplicaron en Europa las asociaciones astronáuticas y los congresos científicos con este fin, hasta que, después de la segunda guerra mundial, se lanzó el primer satélite. Las principales etapas para la conquista del espacio son las siguientes:

4 de octubre de 1957: *Sputnik I* (soviético). — 3 de noviembre de 1957: *Sputnik II* (soviético, con la perrita Laika a bordo). — 31 de enero de 1958: *Explorer I* (primer satélite norteamericano). — 12 de septiembre de 1959: *Lunik I* (soviético, alcanza la Luna tras un viaje de 35 horas). — 4 de octubre de 1959: *Lunik II* (soviético, fotografía la parte desconocida de la Luna). — 12 de abril de 1961: *Vostok I* (soviético, llevando a bordo al comandante Yuri Gagarin). — 6 de agosto de 1961: *Vostok II* (soviético, con el astronauta Titov a bordo). — 20 de febrero de 1962: *Friendship 7* (primera astronave norteamericana, llevando a bordo a Gleen). — 24 de mayo de 1962: *Aurora 7* (con el norteamericano Carpenter a bordo). — 11 y 15 de agosto de 1962: lanzamiento de las dos astronaves gemelas *Vostok III* y *Vostok IV* (con Nikolaiev y Popovich a bordo). — 15 de mayo de 1963: lanzamiento de la cápsula con el norteamericano Cooper. — 16 de junio de 1963: la pri-

mera mujer astronauta de la historia, la soviética Valentina Tereshkova, permanece en órbita 71 horas. — Con motivo de la Olimpíada de Tokio, en 1964, los norteamericanos ponen en órbita, en torno al Ecuador, el satélite *Syncom III,* que, actuando como puente de televisión, permite la transmisión de las competiciones a cualquier punto de la Tierra. — En diciembre de 1964 entra en órbita el satélite meteorológico italiano *San Marcos.* En este mismo mes, dos sondas espaciales, una soviética y otra norteamericana, se lanzan hacia Marte para obtener datos y fotografías de dicho planeta.

A estos resultados se ha llegado tras años de estudio e investigación. Los principales problemas que se tenían que afrontar para resolver el de los viajes espaciales, eran fundamentalmente dos: cómo vencer la fuerza de gravedad, es decir, la atracción de la Tierra, y cómo mantener rodando en torno de nuestro planeta un cuerpo sin carburante.

Un cuerpo lanzado al espacio, luego de haber realizado una trayectoria, cae en un lugar más o menos lejano de la Tierra, según la fuerza con que ha sido proyectado y de la dirección que se le ha dado. Cuanto con más fuerza se le lanza, tanto más lejos cae. Si la fuerza de lanzamiento supera un cierto límite, el cuerpo caerá tan lejos que no tocará la Tierra: caerá en el espacio. Esto es lo que se obtuvo lanzando, por medio de un cohete,



En la ilustración vemos algunas importantes etapas de la ciencia astronáutica. 1) el «Sputnik I», lanzado por la U. R. S. S. en octubre de 1957. 2) La U. R. S. S. lanzó el 3 de noviembre de 1957 el «Sputnik II», con la perrita Laika. 3) El cosmonauta soviético Yuri Gagarin inició el 12 de abril de 1961 los viajes humanos interespaciales, en el «Vostok I». 4) El «Vostok II», lanzado en junio de 1963, pilotado por la soviética Valentina Tereshkova, primera mujer astronauta. 5) La astronave «Friendship 7», llevando a bordo al norteamericano John Gleen, el 20 de febrero de 1962 dio tres vueltas en torno de la Tierra. 6) El satélite «Telstar» funciona como repetidor para comunicaciones radiotelevisivas entre América y Europa. 7) El 31 de julio de 1964 el satélite norteamericano «Ranger 7» envía a la Tierra 4.300 fotografías de la Luna en 17 minutos. En el recuadro vemos el cráter de Guericke y el «Ranger 7» antes de estrellarse sobre la Luna.

una cápsula con una fuerza tan grande que se transformó en un satélite artificial. El problema fundamental de la navegación interplanetaria era el de obtener velocidades capaces de sustraerse a la atracción de la Tierra, y esto se ha obtenido con carburantes especiales que imprimen al cohete enormes velocidades, y con cohetes de varios pisos que, progresivamente, se van desprendiendo y produciendo una aceleración constante.

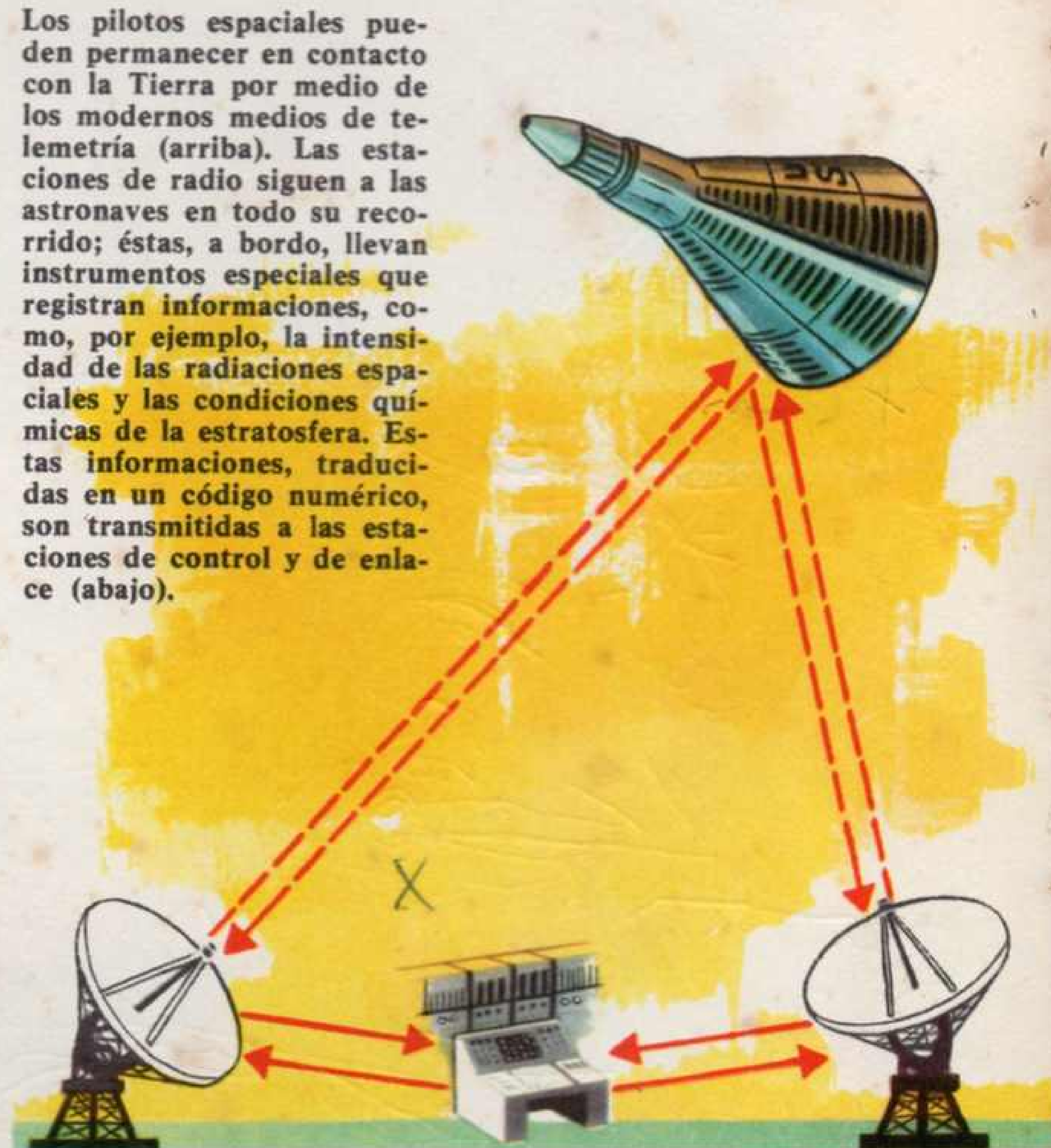
También el despegue vertical del cohete favorece el alejamiento más rápido de la Tierra, reduciendo la fuerza de atracción. El cohete describe más tarde un arco, de modo que el último estadio, el que lleva la carga útil, se despegue y vuele en dirección paralela a la superficie terrestre.

Una vez en el espacio, la cápsula se transforma en un cuerpo celeste, sujeto a las leyes de la mecánica celeste, descubiertas hace 300 años por Keplero y Newton. Según estas leyes, un satélite describe una órbita en torno a un cuerpo de masa mayor, sin caer sobre él, y sin alejarse, cuando su velocidad circular ("velocidad de sustentación planetaria") es tal que equilibra la fuerza de atracción de la Tierra; cuando su aceleración centrífuga está equilibrada con la aceleración de gravedad.

Los satélites en órbita no muy alejada de la Tierra sienten la resistencia del aire: su órbita desciende, se restringe y acaban por desintegrarse.

Como se ve, la ciencia ficción se ha hecho realidad. Se acerca el día en que los hombres llegarán a la Luna y de allí emprenderán nuevos y maravillosos viajes hacia los otros planetas, Marte, Venus, Mercurio...





Los pilotos espaciales pueden permanecer en contacto con la Tierra por medio de los modernos medios de telemetría (arriba). Las estaciones de radio siguen a las astronaves en todo su recorrido; éstas, a bordo, llevan instrumentos especiales que registran informaciones, como, por ejemplo, la intensidad de las radiaciones espaciales y las condiciones químicas de la estratosfera. Estas informaciones, traducidas en un código numérico, son transmitidas a las estaciones de control y de enlace (abajo).

Indice analítico

A

B

C

D

E

F



